




Deponie Röthehof - Ertüchtigung und Erweiterung der SAD Röthehof um einen Deponieabschnitt der Deponieklasse III

Geologisches und Hydrogeologisches Standortgutachten

23. November 2023

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

Bearbeitung

Titel	Deponie Röthehof - Ertüchtigung und Erweiterung der SAD Röthehof um einen Deponieabschnitt der Deponieklasse III Geologisches und Hydrogeologisches Standortgutachten
Auftraggeber	MEAB Märkische Entsorgungsanlagen-Betriebsgesellschaft mbH
Projektleitung	Kai Diesner
Autor(en)	Emmi Sommer, Kai Diesner
QS	Kai Diesner
Projektnummer	R031-1414741ESO-V02
Anzahl der Seiten	41 (ohne Anhänge)
Datum	23. November 2023
Unterschrift	

TAUW GmbH
Michaelkirchstraße 17-18
10179 Berlin
T +49 30 28 51 830
E info.berlin@tauw.de

Alle Rechte vorbehalten. Veröffentlichungen und Weitergabe an Dritte sind nur in vollständiger, ungekürzter Form zulässig. Veröffentlichung oder Verbreitung von Auszügen, Zusammenfassungen, Wertungen oder sonstigen Bearbeitungen und Umgestaltungen, insbesondere zu Werbezwecken, nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung der TAUW GmbH.

- Zertifiziert nach DIN EN ISO 9001 (Z1109-DE)

Wir engagieren uns für Umweltschutz und Nachhaltigkeit, darum drucken wir auf FSC zertifiziertem Papier.

Inhalt

1	Veranlassung.....	7
2	Geographische Lage	7
3	Standorthistorie	8
4	Standorterkundungen.....	9
4.1	Überblick Bohrungen.....	9
4.2	Überblick Sedimentuntersuchungen	11
4.3	Überblick Hydraulische Tests.....	12
5	Geologische und Hydrogeologische Verhältnisse.....	12
5.1	Regionalgeologische Einordnung	12
5.2	Hydrogeologische Gliederung.....	14
5.3	Weichselglaziale Decksande (qw) / GWL 1.2	15
5.4	Weichselglazialer Geschiebemergel (qw // gm) / Geologische Barriere	17
5.5	Saaleglaziale Bildungen (qs).....	18
5.5.1	Geschiebemergel des Warthe Stadiums.....	18
5.5.2	Geschiebemergel des Drenthe Stadiums	19
5.5.3	Grundwasserleiter 2.0, 2.1.1, 2.1.2.....	19
6	Wasserhaushalt.....	20
6.1	Niederschlagsversickerung und Grundwasserneubildung	20
6.2	Oberflächengewässer	22
6.3	Grundwasserabstromsicherung des Deponiestandortes	23
6.4	Grundwassernutzungen	24
7	Hydrodynamik.....	25
7.1	Regionale Situation	25
7.2	Lokale Grundwasserströmungsverhältnisse	26
7.2.1	Natürliche Strömungsverhältnisse vor Beginn der Sicherungsmaßnahme.....	26
7.2.2	Beeinflusste Strömungsverhältnisse während des Sicherungsbetriebs.....	27
7.2.3	Entwicklung der Grundwasserhöhen	28
7.2.4	Ableitung des höchsten Grundwasserstandes zeHGW	29
8	Hydrochemische Verhältnisse	31
8.1	Elektrische Leitfähigkeit, Sulfat, Chlorid, Bor	31

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

8.2	Ammonium und Nitrat	32
8.3	Eisen und Mangan	33
8.4	LCKW und AOX	34
8.5	Andere Schadstoffe.....	35
9	Schutzgüter und Gefährdungsbeurteilung.....	36
10	Abschließende Standortbewertung	38
11	Literatur	39

Abkürzungen

Allgemein

BL	Bodenluft (BL-Pegel = Bodenluft-Pegel)
GFS	Geringfügigkeitsschwellenwert
GOK	Geländeoberkante / uGOK unter Geländeoberkante
GW	Grundwasser
GWL	Grundwasserleiter
GWM / GWMS	Grundwassermessstelle
k_f	Hydraulische Durchlässigkeit
MGW	Mittlerer Grundwasserstand
NGW	Niedrigster Grundwasserstand
RKS	Rammkernsondierung (Kleinrammbohrung)
TWSZ	Trinkwasserschutzzone
v_a	Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers
v_f	Filtergeschwindigkeit des Grundwassers (Darcy Fluss)
WW	Wasserwerk
zeHGW	zu erwartender höchster Grundwasserstand

Geologie

qh	Quartär - Holozän
qw	Quartär - Weichsel-Kaltzeit
qs / qsWA / qsD	Quartär - Saale-Kaltzeit / Warthe-Stadium / Drenthe Stadium
qhol	Quartär - Holstein Warmzeit
qe	Quartär - Elster-Kaltzeit
tmi	Tertiär - Miozän
tol	Tertiär - Oligozän

Schadstoffe

AOX	Adsorbierbare organisch gebundene Halogene
BTEX	Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol (u. a. Lösungsmittel)
CKW / LCKW	Leichtflüchtige Chlorierte Kohlenwasserstoffe (Lösungsmittel)
DDT	Dichlordiphenyltrichlorethan (Insektizid)
HCB	Hexachlorbenzol (u. a. Holzschutz- Desinfektionsmittel, Fungizid)
HCH	Hexachlorcyclohexan, dazu gehört auch das Lindan (Insektizid)
PAK	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

Anlagen

Anlage 1: Lageplan

Anlage 2 Geologische Profile

- Anlage 2-1 Schnittlinien der geologischen Profilschnitte
- Anlage 2-2 Längsprofil 1 – 1' in Grundwasserfließrichtung
- Anlage 2-3 Querprofil A – A' Abstrom West
- Anlage 2-4 Querprofil B – B' Westlicher Deponierand
- Anlage 2-5 Querprofil C – C' Östlicher Deponierand

Anlage 3: Verbreitung und Mächtigkeit der geologischen Barriere

- Anlage 3-1 Bohrungen und angetroffene Mächtigkeiten der geologischen Barriere
- Anlage 3-2 Bohrungen und angetroffene Oberkante der geologischen Barriere

Anlage 4: Grundwassergleichenpläne

- Anlage 4-1 Grundwassergleichenplan Ausgangszustand Mai 2010
- Anlage 4-2 Grundwassergleichenplan Sicherheitsbetrieb 2022

1 Veranlassung

Die MEAB beabsichtigt, den bestehenden Deponiestandort SAD Röthehof um einen Deponieabschnitt der Deponieklasse III zu ertüchtigen und zu erweitern. Für das Genehmigungsverfahren ist das bestehende Geologisch-Hydrogeologische Gutachten der Fa. GCI GmbH aus 2001 fortzuschreiben. In diesem Zusammenhang sollen insbesondere die Bohrungen der hydraulischen Grundwassersicherungsmaßnahme (2009 ff.) einbezogen werden. Darüber hinaus werden relevante Fremdgutachten aus den Jahren 2002 ff. berücksichtigt.

2 Geographische Lage

Die Sonderabfalldeponie Röthehof befindet sich etwa sechs Kilometer südlich von Nauen im brandenburgischen Landkreis Havelland (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: geographische Lage der Deponie, Quelle OpenStreetMap, R001-1245483KDI-V06

3 Standorthistorie

Die Sonderabfalldeponie wurde 1981 auf einer Altdeponie, der bis 1930 betriebenen Charlottenburger Müllhalde, errichtet [17]. Die Nutzung des Standortes als oberirdische Sonderabfalldeponie erfolgte auf der Grundlage der Standortgenehmigung vom 13.02.1979. Mit Schreiben vom 20.11.1990 wurde die SAD Röthehof als Abfallentsorgungsanlage gem. § 9a AbfG angezeigt.

Das Deponiegelände umfasst eine Fläche von etwa 24,2 ha, davon bilden 17,4 ha den eigentlichen Deponiekörper.

Die Altdeponie „Charlottenburger Müllhalde“ wurde etwa 1924 auf Geländehöhe angelegt, wobei natürliche Hohlformen verfüllt wurden. Zur Ablagerung kamen Siedlungsabfälle mit einem hohen Anteil von Aschen und Schlacken.

Für die Verbringung von Sonderabfällen wurden ab 1981 in den alten Deponiekörper ca. 40 x 80 m große und 2 m tiefe Becken eingearbeitet, in denen flüssige, schlammige, pastöse und feste Sonderabfälle in Schichtstärken von ca. 1,5 m, lose oder in Behältern, eingelagert wurden. Seit 1993 erfolgte in einzelnen Becken die Verbringung von bestimmten Abfällen (z. B. Schleifrückstände) in Big-Bag-Behältnissen. Die Becken wurden anschließend mit Boden abgedeckt. Der Einlagerungsbetrieb wurde 2005 eingestellt.

Bereits im Jahr 2001 war eine kapazitative Erweiterung der Sonderabfalldeponie geplant. Aus dieser Zeit stammt das letzte geologisch-hydrogeologische Gutachten der GCI GmbH [9]. Damals war eine Umlagerung des Aschekörpers der Altdeponie einschl. der weichselzeitlichen Decksande vom Ostteil in den Westteil geplant. Auf einer Fläche von 4,4 ha sollte anschließend im Ostteil eine Deponiebasisabdichtung entstehen. Die letzten ergänzenden geotechnischen Untersuchungen im Bereich der damals geplanten Basisabdichtungsfläche stammen aus dem Jahr 2004 [10].

Die Planung zur Kapazitätserweiterung wurde in den folgenden Jahren zunächst ausgesetzt. Aufgrund der im Grundwasser festgestellten Schadstoffbelastung mit leichtflüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffen (LCKW) wurde ab 2007 [21] eine hydraulische Sicherungsmaßnahme des Grundwasserabstroms geplant, die im August 2010 in Betrieb gegangen ist und auch zukünftig noch über mehrere Jahre zu betreiben ist.

Im Zuge der Genehmigungsplanung der Oberflächenabdichtung 2017 wurde das Konzept zur hydraulischen Abstromsicherung des Grundwassers sowie das Grundwassermonitoringkonzept überarbeitet [22]. In Vorbereitung der weiteren Schritte wurden in 2021 / 2022 die Baumaßnahmen zur Umsetzung des angepassten hydraulischen Sicherungskonzeptes begonnen und alle neu geplanten Brunnen und Grundwassermessstellen errichtet.

4 Standorterkundungen

4.1 Überblick Bohrungen

Die ersten Untersuchung des Deponiestandortes gehen auf das Jahr 1978 zurück. Seitdem wurden:

- ca. 122 Erkundungsbohrungen abgeteuft und
- ca. 92 Grundwasserpegel (einschl. Sanierungsbrunnen) errichtet

Der Großteil der Messstellen / Brunnen wurde im GWL 1.2, GWL 2.0 und GWL 2.1.1 verfiltert. Am westlichen Deponierand sowie im Grundwasserabstrom reichen die Messstellen bis in den GWL 2.1.2. Einige wenige Messstellen wurden auch in tieferen Grundwasserleitern (GWL 2.2, 3.0) ausgebaut.

Die geologischen Untersuchungen lieferten primär Erkenntnisse zur Ausbreitung, Morphologie, Mächtigkeit und Zusammensetzung des oberen Geschiebemergels (Weichselmoräne) sowie des darüberliegenden weichselzeitlichen Grundwasserleiters. Darüber hinaus wurde mit den tieferen Bohrungen auch die Mächtigkeit des saaleglazialen Grundwasserleiters aufgeschlossen. Es wurde gezeigt, dass auch der saaleglaziale Grundwasserleiter durch Geschiebemergel des Warthe- und Drenthe-Stadiums unterteilt ist, wobei diese Geschiebemergel nicht flächenhaft ausgebildet sind.

Die einzelnen Erkundungsetappen sind folgend aufgeführt, ohne detailliert auf die Ergebnisse der Untersuchungen einzugehen.

Zu beachten ist, dass Bohrungen im Falle von errichteten Messstellengruppen denselben Standort betreffen und dass im Laufe der Zeit ebenfalls Ersatzmessstellen errichtet werden mussten (z. B. R-GW05, R-GW 42, SB 2). Die einzelnen Bohrungen in einem solchen Bohrungscluster liefern daher nur einen eingeschränkten Kenntniszuwachs zu den geologischen Verhältnissen. Insgesamt kann der Standort jedoch als sehr gut erkundet angesehen werden.

- 1978: Geologisch-Hydrogeologische Erkundung zur Erschließung des Standortes Röthehof als Deponiestandort [19]
 - 22 Trockenbohrungen bis max. 30 m
 - 14 GWM (R-GW 1 bis R-GW 12, R-GW 3m, R-GW 4o)
 - 22 Siebanalysen
- 1980: Erweiterung des Grundwassermessnetzes in den weichselglazialen Decksanden (GWL 1.2) sowie im GWL 2.0 [2]
 - 7 Trockenbohrungen bis max. 12,5 m
 - 7 GWM (R-GW 3o, R-GW 9o, R-GW 10o, R-GW 13 bis R-GW 16)

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

- 1991: Erkundungsbohrungen zur akuten Gefährdungsabschätzung [5]
 - 6 Trockenbohrungen bis max. 51,5 m
 - 4 GWM (R-GW 17 bis R-GW 20)
 - 5 RKS zur Untersuchung Grundwasserführung in den Decksanden
 - 30 BL-Pegel im Deponiekörper

- 1994: Erweiterung des Grundwassermessnetzes Flachpegel im GWL 1.2 [14]
 - 20 Trockenbohrungen primär zur Erkundung Decksande
 - 15 Flachpegel (R-GW 20 bis R-GW 35, 5 Flachpegel FP 2, FP3, FP7, FP14, FP 20 konnten aufgrund Geschiebemergel nicht ausgebaut werden)
 - 1 Neubau R-GW 05A (als 1 Ersatz für R-GW 05/1978)
 - Auffüllversuche zur Bestimmung der Durchlässigkeit des Müllkörpers, der Decksande, der Weichselmoräne

- 1994: Baugrunduntersuchung / Geologisch-hydrogeologische Untersuchungen [7]
 - 23 Rammkernbohrungen bis maximal 11 m Tiefe (Weichselmoräne)
 - 22 Rammsondierungen
 - 3 Baggerschürfe
 - kf-Wertbestimmungen, Sieb- und Schlämmanalysen und andere Untersuchungen

- 1997: Ergänzung des Grundwassermessnetzes [15]
 - 12 Trockenbohrungen bis max. 67 m Tiefe
 - 12 GWM (R-GW36 bis R-GW47)
 - Sedimentuntersuchungen, Pumpversuche

- 2004/2005: Geotechnische Untersuchungen [10]
 - 7 Bohrungen (ZB1 – ZB 5, AV1, AV2)
 - Sedimentuntersuchungen, Auffüllversuche zur Bestimmung Durchlässigkeit Geschiebemergel

- 2005: Ergänzung des Grundwassermessnetzes sowie Umbau Messstellen [11]
 - Umbau R-GW 41o, 42o, 43u, 44u, 45u
 - 14 Trockenbohrungen bis GWL 2.0 / GWL 2.1.1, GWL 2.1.2
 - 14 GWM (R-GW 41m+u, R-GW42m+u, R-GW43o+m, R-GW44o, R-GW45o+m, R-GW48o+u, R-GW 50o+m+u)

- 2009: Errichtung von Sanierungsbrunnen für die hydraulische Abstomsicherung [3]
 - 3 Bohrungen / Brunnen (SB1, SB2, SB3)

- 2010 / 2012: Errichtung Infiltrationsbrunnen für die hydraulische Abstomsicherung [4], [20]
 - 3 Bohrungen / Brunnen (IB1, IB2, IB3)

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

- 2016: Bohrungen zur Ermittlung von Wasserdurchlässigkeitsbeiwerten für das geplante Versickerungsbecken [13]
 - 3 Bohrungen bis in GWL 2.0
 - 2 GWM (B2, B3)
 - 6 Siebkornanalysen sowie Durchlässigkeit gem. DIN 18130 (B2 + B3)
 - 3 Auffüllversuche (B2 - GWL 2.0, B2 - GWL 2.0+2.1.1, B3 - GWL 2.1.2)
 - 2 Pumpversuche (B2 - GWL 2.0 + 2.1.1, B3 - GWL 2.1.2)
- 2022: Errichtung Sanierungsbrunnen und Grundwassermessstellen im Zuge der Anpassung der hydraulischen Abstomsicherung [6]
 - 25 Bohrungen incl. der nicht zur Messstelle ausgebauten R-GW45 u2
 - 18 GWM (R-GW10u2, R-GW11u2, R-GW42 o+m+u (Ersatzpegel), R-GW48u2, R-GW51o+m, R-GW52o+m+u, R-GW53m+u, R-GW54o+u, R-GW55o+u, GWM B2 Ersatzpegel))
 - 6 Brunnen (SB2o+m (Ersatz), SB4o+m, SB5o+m)

Im Rahmen der Bearbeitung des Hydrogeologischen Fachbeitrags wurde für die Bohrungen, Brunnen und Grundwassermessstellen eine GeODin Datenbank aufgebaut. Nicht alle Altbohrungen konnten wegen fehlender Verfügbarkeit berücksichtigt werden. Hingegen ist für die Mehrheit der relevanten Grundwassermessstellen ein Schichtenverzeichnis hinterlegt. Rückgebaute Messstellen sind extra ausgewiesen. Ein Übersichtsplan zu diesen Bohrungen liegt als **Anlage 1** bei.

4.2 Überblick Sedimentuntersuchungen

Im Zuge der oben beschriebenen Bohrungen wurden zahlreiche Sedimentproben entnommen. Zur Charakterisierung der hydraulischen Durchlässigkeit der Geschiebemergel aber auch der Grundwasserleiter wurden Siebkornanalysen, Durchlässigkeitsversuche nach DIN 18130 in Triaxialzellen bis hin zu Auffüllversuchen durchgeführt. An einzelnen Bodenproben des Geschiebemergels erfolgt auch eine Bestimmung der Kationenaustauschkapazität, um u. a. das Rückhalte- / Adsorptionsvermögen der Sedimente zu beurteilen. Auf eine Zusammenstellung aller Laboruntersuchungen muss an dieser Stelle verzichtet werden, da die Ergebnisse über die verschiedensten Gutachten verteilt vorliegen.

Gem. Angaben [9] wurden bis 2001 an ungestörten Stutzenproben der Stauersedimente Durchlässigkeitsbestimmungen durchgeführt:

- Geschiebemergel Weichselmoräne 27 x Vollvergussversuche
- Geschiebemergel Saale-Moränen 9 x Vollvergussversuche
- Holstein-Schluff 1 x Vollvergussversuche

Eine Bewertung hierzu erfolgt in Abschnitt 5.3 ff.

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

4.3 Überblick Hydraulische Tests

Im Zuge der oben beschriebenen Erkundungsmaßnahmen sowie weiterführend zur Planung einer hydraulischen Grundwassersicherungsmaßnahme wurden seit 1994 und in 2006 zusätzlich am Brunnen R-GW05A verschiedene hydraulische Tests im Feld durchgeführt. Hierzu zählen Auffüllversuche nach CECEN, open end Tests (Schluckversuche) sowie klassische Pumpversuche.

- Müllkörper 10 x Auffüllversuche
- Weichsel Decksande GWL 1.2 16 x Auffüllversuche
- Geschiebemergel Weichselmoräne 20 x Auffüllversuche
- Saaleglazialer GWL 2.0 2 Auffüllversuche (GWM B2/2016, B3/2016)
1 Pumpversuch (B3/2016)
- Saaleglazialer GWL 2.1.1 1 Auffüllversuch (GWM B2/2016 GWL 2.0+2.1.1 integral)
4 x Pumpversuche (R-GW05A, R-GW36, R-GW42; GWM B2/2016 GWL 2.0+2.1.1 integral)
- Saaleglazialer GWL 2.1.2 3 x Pumpversuche (R-GW40, R-GW42, R-GW47)

Eine Bewertung hierzu erfolgt in Abschnitt 5.3ff.

5 Geologische und Hydrogeologische Verhältnisse

5.1 Regionalgeologische Einordnung

Die Sonderabfalldeponie Röthehof liegt im Zentralteil der Nauener Platte, einer weichselkaltzeitlichen Grund- und Endmoränenhochfläche mit einer Geländehöhe von ca. 40 - 45 mNHN. Die Nauener Platte wird etwa 6 km nördlich der Deponie durch das Berliner Urstromtal und ca. 7 km südlich durch die Potsdamer Havelniederung begrenzt. In Östlicher Richtung befindet sich in einem Abstand von ca. 6 km ein Durchbruchtal. Im Westen geht die Nauener Platte zur Havel in das Westhavelland über.

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

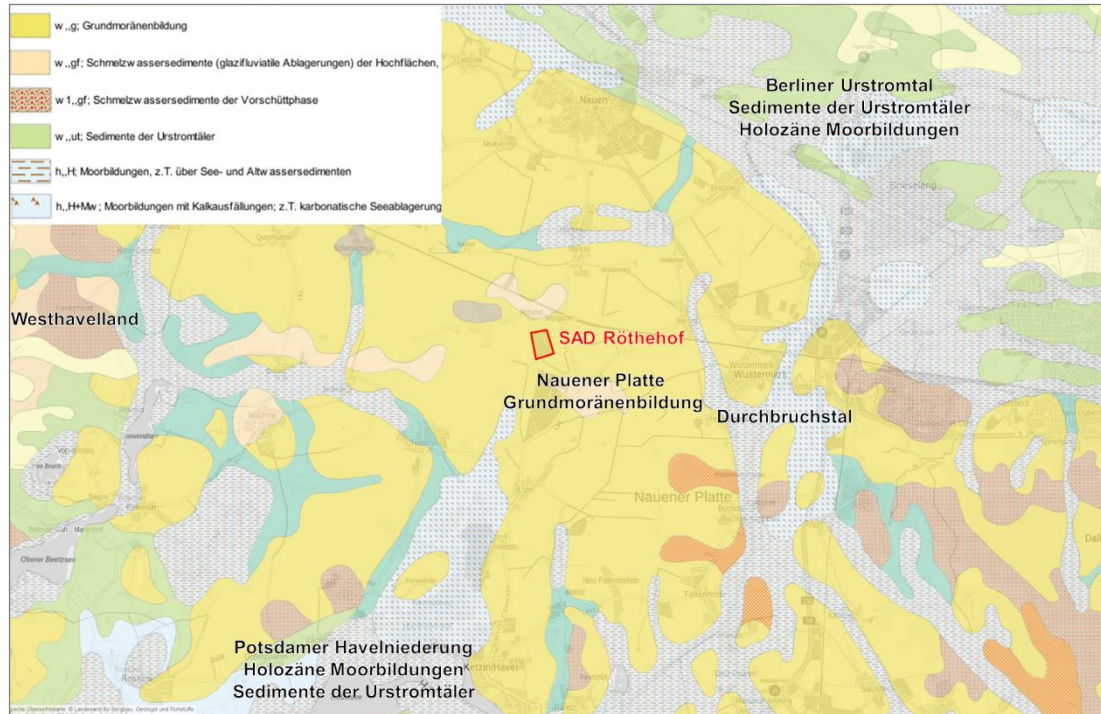


Abbildung 2: Geologische Übersichtskarte Brandenburg, Ausschnitt Nauener Platte, Quelle: LfU / LBGR, <https://maps.brandenburg.de/>, Beschriftungen TAUW

Die Deponie befindet sich auf einer flach nach Süden abfallenden morphologischen Toplage. Unter einer geringmächtigen Bedeckung aus Schmelzwassersanden des Eisrückzuges und periglazialen Bildungen schließt sich die Weichselgrundmoräne an.

Nach Ausarbeitungen von GCI [9] verläuft in größerer Tiefe eine regional bedeutende frühelster-glaziale Erosionsrinne, die mit vorwiegend glazilimnischen Bildungen gefüllt ist und eine Mächtigkeit von ca. 200 m aufweist (Quartärbasis wird in -240 mNHN erwartet). Die Rinne verläuft in SSW-NNE Richtung von Belzig über Ketzin und Nauen bis Rheinsberg. Der Deponiestandort befindet sich am Ostrand dieser Rinne.

Den hangende Abschluss dieser Rinne bilden die Elster-II-Nachschüttsande (GWL 2.2). Darauf folgend schließt sich zwischen einem Teufenniveau von -30 mNHN bis ca. +5 mNHN der Holsteinkomplex an, der durch eine Wechselfolge von fluviatilen sandigen Bildungen und limnischen, tonig-schluffigen Sedimenten gekennzeichnet ist. Diese Wechselfolge bewirkt, dass eine durchgängige grundwasserstauende Wirkung der limnischen Holsteinsedimente nicht gegeben ist. Überdeckt werden diese Sedimente schließlich von den glazialen Bildungen der Saalekaltzeit sowie wie oben erwähnt von der Weichselmoräne.

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

5.2 Hydrogeologische Gliederung

Am Standort der SAD Röthehof treten unterhalb eines flächendeckend ausgebildeten oberflächennahen Grundwassergeringleiters (Stauer) – dem Weichsel Geschiebemergel – mehrere Grundwasserleiterstockwerke 2.0, 2.1.1 und 2.1.2 auf, die der Saale-Kaltzeit zuzuordnen sind. Die Grundwasserleiter bestehen vornehmlich aus Sanden, teilweise Kiesen, können aber bereichsweise feinsandig bis schluffig ausgebildet sein.

Zwischen den einzelnen Grundwasserleitern befinden sich weitere Geschiebemergelschichten, die den einzelnen Eisvorstößen der Saalekaltzeit (Warthe-Stadium und Drenthe-Stadium) zuzuordnen sind. Diese sind jedoch bereichsweise erodiert, somit nicht flächendeckend ausgebildet, so dass die einzelnen Grundwasserleiterstockwerke lokal hydraulisch miteinander in Verbindung stehen. In den Fehlstellen der Warthe- und / oder Drenthe-Moräne lässt ein Geröllhorizont im Grundwasserleiter 2.1.1 bzw. 2.1.2 die ursprüngliche Lage der Geschiebemergel erahnen.

In einer Teufe von ca. 40 bis 60 m uGOK bzw. etwa -2 bis -22 mNHN wurden an einzelnen tieferen Bohrungen Tone und Schluffe des Holstein-Interglazials angetroffen.

Die Gliederung der Grundwasserleiter und -stauer wurde bereits für die Hydrogeologischen Gutachten von GCI aus 1997 und 2001 in Abstimmung mit dem LGRB (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau) festgelegt und ist in Tabelle 5.1 wiedergegeben. Die Mächtigkeiten der einzelnen Schichten variieren zum Teil stark.

Die auf Basis ausgewählter Bohrungen erstellten geologischen Profile (1-1' Längsprofil, A-A' Abstrom, B-B' - westlicher Deponierand, C-C' - östlicher Deponierand) sind in **Anlage 2** dargestellt.

In den folgenden Abschnitten wird auf die relevanten stauenden Schichten und Grundwasserleiter des Weichsel- und Saale-Glazials eingegangen.

Tabelle 5.1: Gliederung der Grundwasserleiter und -stauer im Umfeld der Deponie Röthehof

GWL	stratigr. Einheit	Mächtigkeit & Lage		Lithologie / Genese
		min.	Max.	
1.2	Weichsel qw	nicht flächendeckend, im Bereich der Deponie bis ca. 2,0 m, westlich der Deponie lokal bis ca. 6 m (R-GW20)		weichselzeitliche Nachschüttsande bis periglaziale-fluviatile Umlagerungen Hochflächensande
Stauer	Weichselmoräne qw // gm	flächendeckend, vergleichsweise homogene Verteilung (M ca. 10 m); im Norden maximal 17,5 m; im Süden 5 m		Geschiebelehm und Geschiebemergel
2.0	jüngere Saale qsWA - qw	nicht flächendeckend, selten mächtiger als 4 m; im Zentrum ca. 9 m; stark erodiert		Schmelzwassersande (Saale / Weichsel)

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

GWL	stratigr. Einheit	Mächtigkeit & Lage		Lithologie / Genese
Stauer	jüngere Saale-moräne qsWA // gm	nicht flächendeckend, hyd. Fenster zw. GWL 2.0 und 2.1.1 u. a. im zentralen Deponiebereich (R-GW05a) sowie westl. Deponierand SB4, R-GW42, R-GW52).		Geschiebemergel jüngerer Saale- (Warthe)
		0 - 6 m Zentrum bis N	10 m im SW	
2.1.1	Saale qsD-qsWA	ca. 2 m im SW	8 - 11 m von NW-SE	Schmelzwassersande (Drenthe / Warthe)
Stauer	ältere Saale-moräne qsD // gm	nicht flächendeckend, hyd. Fenster zw. GWL 2.1.1 und 2.1.2 u. a. am westlichen / südwestlichen Deponierand (R-GW41, 42).		älterer Saale- (Drenthe) Geschiebemergel
		0 m im W	≥17 m S + E	
2.1.2	ältere Saale qs - qhol	heterogene Verteilung; z. T. nicht erbohrt; Mächtigkeit nimmt nach Nord zu (ca. 25 m sonst etwa 7 - 11 m mächtig)		Schmelzwassersande der älteren Saalezeit bis Sande der Holsteinphase
Stauer	Holstein qhol // I	nur im Norden durchteuft ca. 6 m mächtig, westlichen Abstrom erbohrt		Tone und Schluffe des limnischen Holstein-Interglazials
2.2	qhol - qeo	nur im Norden erbohrt; ≥ 20 m		fluviale Sande des Holstein-Interglazials und Elster-Spätglazials Elster-2 Schmelzwassersande
Stauer	qe // gm	unter Deponie nicht erbohrt		Elster-2 Geschiebemergel

5.3 Weichselglaziale Decksande (qw) / GWL 1.2

Erkenntnisse über den GWL 1.2 wurden insbesondere im Zuge der Errichtung der Flachpegel gewonnen [14].

Die Ablagerungen sitzen bereichsweise unmittelbar auf dem unterlagernden Geschiebemergel der Weichselmoräne auf. In weiten Bereichen sind jedoch zwischen Auffüllung und Geschiebemergel ebenfalls noch Decksande der Weichselmoräne ausgebildet. Entsprechend den durchgeführten Untersuchungen können für den GWL 1.2 nach [9] folgende hydraulische Kennwerte abgeleitet werden:

- Mächtigkeit : 0 bis 6,3 m, Mittel 1,0 m
- Hydraulische Durchlässigkeit : $4,0 \cdot 10^{-7}$ m/s . $4,3 \cdot 10^{-4}$ m/S
Mittel: $8 \cdot 10^{-5}$ m/s)

Die Sedimente fallen feinsandig, teils schluffig, vereinzelt mittelsandig aus. Gegenüber der Darstellung von GCI 2021 Abbildung 3 zur Verbreitung der weichselglazialen Decksande ergab sich

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

mit den nach 2001 abgeteufte Bohrungen kein entscheidender Erkenntniszuwachs. Die Abbildung 3 spiegelt somit nahezu noch den aktuellen Kenntnisstand wider.

Zum Zeitpunkt der Bohrarbeiten 1994 wie in den darauffolgenden Jahren bis 2001 waren die errichteten Flachpegel trocken. Die BGI 2006 stellte zwar im Zuge der Bodenluftuntersuchung in einzelnen Becken Schichtwasser ab einer Tiefe von 1,1 m uGOK fest, welches im Rahmen der Bohrarbeiten auf ein Niveau von 3,2 - 6 m uGOK abgefallen ist [1]. Da das Schichtwasser im Deponiekörper vergleichsweise oberflächennah auftritt, kann dennoch nicht von einer relevanten Grundwasserführung der Decksande gesprochen werden.

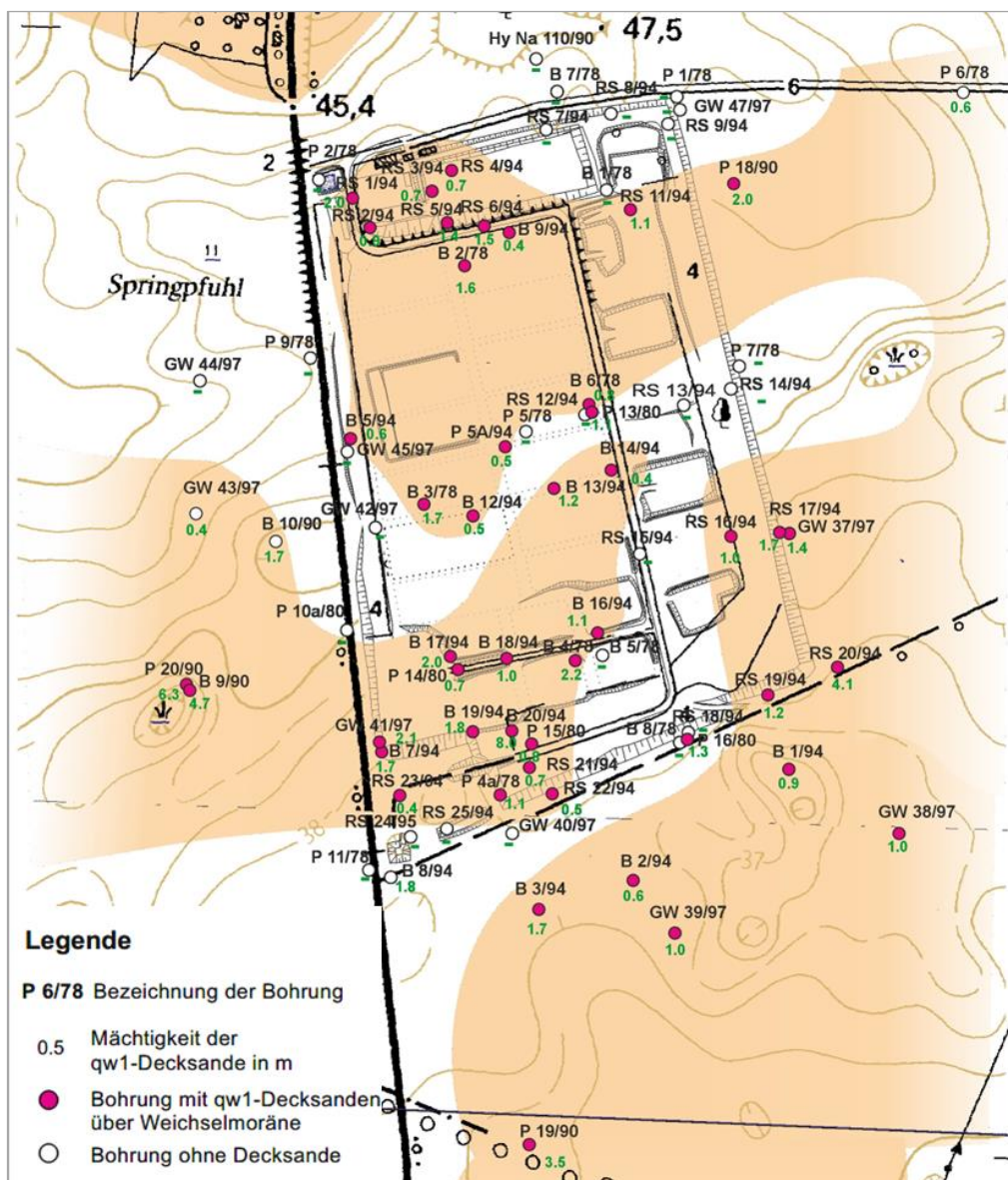


Abbildung 3: Verbreitung und Mächtigkeit der weichselglazialen Decksande (qw1), Quelle GCI 2021 [9]

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

5.4 Weichselglazialer Geschiebemergel (qw // gm) / Geologische Barriere

Die Oberfläche des weichselglazialen Geschiebemergels fällt von Nord nach Süd / Südost ab. Die Weichsel-Geschiebemergel sind durchgehend vorhanden. Wenn auch erosionsbedingte Schwächezonen nachgewiesen sind, wurden keine primären Verbreitungslücken festgestellt. Die geologische Barriere ist auf dem Deponiestandort zwischen minimal 5,4 m (R-GW03 am südöstlichen Deponierand) bis maximal 21,7 m (R-GW 53 am westlichen Deponierand) mächtig. Im Mittel errechnet sich über alle betrachteten Bohrungen eine Mächtigkeit von 9,9 m.

Im Zentrum der Deponie, nördlichen Bereich der Deponie sowie am westlichen Deponierand ist die geologische Barriere etwa 10 m mächtig. Im südlichen Teil der Deponie sowie am östlichen Deponierand ist die mittlere Mächtigkeit mit ca. 7 m etwas geringer.

Zu beachten ist, dass bei Geschiebemergelmächtigkeiten von > 12 m davon ausgegangen werden kann, dass der Weichsel-Geschiebemergel unmittelbar über dem jüngeren Saale-Geschiebemergel auflagert und hier der an sich zwischengelagerte, obere saaleglaziale Grundwasserleiter GWL 2.0 nicht ausgebildet ist bzw. auskeilt (betrifft u. a. R-GW 02 und R-GW53 in Profilschnitt B-B', Anlage 2-4).

Im Gutachten der GCI 2001 [9] und GCI 2005 [10] wird der Weichselgeschiebemergel als überwiegend schwach tonig, schluffig bis sandig mit Ungleichförmigkeitsgraden > 30 beschrieben. Entsprechend den durchgeführten Untersuchungen ergeben sich Durchlässigkeitsbeiwerte zwischen $5,0 \cdot 10^{-10}$ bis $6 \cdot 10^{-5}$ m/s, wobei aus dieser in Tabelle 5.2 angegebene Spannweite keine mittlere Durchlässigkeit abgeleitet werden kann. Lediglich für die Auffüllversuche und Vollvergussversuche lässt sich ein Mittelwert berechnen, der unter Berücksichtigung der Mehrzahl aller Proben (Kriterium kf-Wert $\leq 5 \cdot 10^{-6}$) und je nach Berechnungsweise (logarithmierte oder nicht logarithmierte Werte) mit $4,2 \cdot 10^{-7}$ bis $9,1 \cdot 10^{-8}$ m/s anzugeben ist.

Tabelle 5.2: Durchlässigkeitswerte vom Weichsel-Geschiebemergeln nach [9], ergänzt um berechnete Mittelwerte

Methode	Anzahl Werte	kf (min.) m/s	kf (max.) m/s	Mittelwert ³⁾
Sieb- / Schlämmanalysen	21	$2,6 \cdot 10^{-10}$	$6 \cdot 10^{-5}$	k.A. ⁴⁾
Triaxialzelle	9	$7 \cdot 10^{-10}$	$1,0 \cdot 10^{-8}$	k.A. ⁴⁾
open-end Tests	12	$7,7 \cdot 10^{-10}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$	k.A. ⁴⁾
Auffüllversuche ¹⁾	17 von (20) ²⁾	$8,4 \cdot 10^{-8}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	9,1·10 ⁻⁸
Vollvergussmethode ¹⁾	25 von (27) ²⁾	$5 \cdot 10^{-10}$	$9,4 \cdot 10^{-6}$	

¹⁾ Werte ergänzt um Auffüllversuche GCI 2005 [10]

²⁾ reduzierte Anzahl bezogen auf Einzelproben mit $k_f < 1 \cdot 10^{-6}$ m/s für Proben, Klammerwerte entsprechend Anzahl aller Proben)

³⁾ Mittelwert berechnet aus logarithmierten k_f -Werten

⁴⁾ keine Angabe möglich, da Datenquelle nicht vollständig vorliegt

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

Entsprechend den durchgeführten Untersuchungen können für den weichselglazialen Geschiebemergel folgende hydraulische Kennwerte abgeleitet werden:

- Mächtigkeit: 5,4 bis ca. 12 m (als Gesamtpaket qw // gm + qsWA // gm bis zu 21,7 m)
Mittel: ca. 9,9 m
- Hydraulische Durchlässigkeit: Mittel: ca. $4,2 \cdot 10^{-7}$ bis $9,1 \cdot 10^{-8}$

Somit ist der Geschiebemergel nach DIN 18130 (1) mehrheitlich als schwach durchlässiger toniger Schluff einzustufen. Die Anforderungen der DepV Anhang 1 an den Aufbau einer geologischen Barriere werden damit nur hinsichtlich der Mächtigkeit (≥ 5 m) erfüllt. Die hydraulische Durchlässigkeit ist hingegen zu hoch.

Der überwiegende Teil der Weichsel-Grundmoräne liegt bei maximalen Grundwasserhöhen von ca. 35 m NHN oberhalb der grundwassergesättigten Zone. Das Grundwasser der liegenden Grundwasserleiter GWL 2.0 und GWL 2.1.1, bezogen auf die Unterkante der Weichselmoräne, ist überwiegend gespannt.

5.5 Saaleglaziale Bildungen (qs)

Vom Saaleglazial sind nach mehrfacher Überprägung bis zur Weichselkaltzeit zwei markante Geschiebemergelhorizonte hinterlassen worden, die dem Drenthe-Stadium (ältere Saale - qsD) und dem Warthe-Stadium (jüngere Saale - qsWA) zugeordnet werden. Zwischen den Geschiebemergelpaketen haben sich mit den glazifluvialen Vorschütt- und Nachschüttsanden die Grundwasserleiter GWL 2.1.2 (Schmelzwassersande der Drenthe Vorstoßphase), GWL 2.1.1 (Drenthe Nachschüttsande und Warthe Vorschüttsande) und GWL 2.0 (Warthe Nachschüttsande) gebildet. Durch mehrfache Überprägung wurden die Schichten gestaucht, lokal abgetragen und erodiert, so dass ein sehr heterogener, höchst variabler Schichtenaufbau gegeben ist.

5.5.1 Geschiebemergel des Warthe Stadiums

Der Geschiebemergel des Warthe Stadiums trennt den GWL 2.0 vom GWL 2.1.1. Hervorzuheben ist, dass der Geschiebemergel bereichsweise vollständig erodiert wurde, in anderen Bereichen des Deponiestandortes wiederum so mächtig ausgebildet ist, dass er den weichselglazialen Geschiebemergel direkt unterlagert.

Fehlstellen mit hydraulischer Verbindung zwischen den GWL 2.0 und 2.1 sind im Zentralbereich der Deponie u. a. durch die Bohrungen der Messstellen R-GW05A/94, R-GW50 dokumentiert (s. **Anlage 2-2**, Längsprofil 1-1' in Grundwasserfließrichtung). Am westlichen Deponierand zeigt sich die Fehlstelle mit dem hydraulischen Fenster zwischen GWL 2.0 und 2.1.1 u. a. an SB4, R-GW42 und R-GW52 (s. **Anlage 2-3**, Querprofil B-B').

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

Im nordwestlichen Teil (R-GW02) und südwestlichen Teil der Deponie (R-GW41, SB1, RGW53, R-GW11) nimmt die Mächtigkeit des Geschiebemergels auf bis zu ca. 12,5 m zu.

Entsprechend den durchgeführten Untersuchungen können folgende hydraulische Kennwerte abgeleitet werden:

- Mächtigkeit: 0 bis ca. 10 / 12,5 m
da heterogener Aufbau mit Fehlstellen keine Mittelwertangabe möglich
- Hydraulische Durchlässigkeit: Mittel: $1 \cdot 10^{-8}$ m/s

5.5.2 Geschiebemergel des Drenthe Stadiums

Der Geschiebemergel des Drenthe Stadiums trennt den GWL 2.1.1 vom GWL 2.1.2. Obwohl oftmals mächtige Schichtstärken von mindestens 11 m (R-GW 10, R-GW 45, R-GW 53, R-GW 54, R-GW43), maximal 29 m (R-GW47) aufgeschlossen sind, gibt es einzelne Belege von Fehlstellen, in denen der GWL 2.1.1 und GWL 2.1.2 miteinander verbunden sind (SB1, R-GW41, R-GW 42). Am westlichen Deponierand bestehen diese Mächtigkeitsschwankungen auf kurzer Distanz von einer zur anderen Messstellengruppe.

Entsprechend den durchgeführten Untersuchungen können folgende hydraulische Kennwerte abgeleitet werden:

- Mächtigkeit: 0 bis ca. 16 m, max. 30 m
da heterogener Aufbau mit Fehlstellen keine Mittelwertangabe möglich
- Hydraulische Durchlässigkeit: Mittel: $1 \cdot 10^{-8}$ m/s

5.5.3 Grundwasserleiter 2.0, 2.1.1, 2.1.2

Die saaleglazialen Grundwasserleiter sind bedingt durch die oben beschriebene Verbreitung der Geschiebemergel ebenso sehr heterogen aufgebaut, mit stark schwankenden Mächtigkeiten aber auch schwankender Korngrößenzusammensetzung der Sande mit schluffigen Anteilen sowie kiesigen bis gerölligen Lagen.

Während der GWL 2.0 bereichsweise in nördliche und südliche Richtung zwischen den Geschiebemergelpaketen der Weichselmoräne und der jüngeren Saale auskeilt, kann bei den GWL 2.1.1 und 2.1.2 von einer flächenhaften Verbreitung ausgegangen werden.

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

Von Bedeutung ist, dass alle Grundwasserleiter durch einzelne Fehlstellen der Geschiebemergel hydraulisch miteinander in Verbindung stehen, weshalb sich Deponie-gebürtige Stoffe bis in den tieferen Grundwasserleiter GWL 2.1.2 verlagern können.

Zur Beurteilung der hydraulischen Kennwerte wurden seit dem letzten Geologisch-Hydrogeologischen Gutachten GCI 2001 weitere Erkenntnisse hinzugewonnen. So wurde an R-GW05A ein Pumpversuch durchgeführt [12] und in [13] die Versickerungsfähigkeit im GWL 2.0 / 2.1.1 bewertet.

Die hydraulischen Kennwerte sind in Tabelle 5.3 zusammengestellt.

Tabelle 5.3: Hydraulische Kennwerte für die saaleglazialen Grundwasserleiter 2.0, 2.1.1, 2.1.2 nach [9], begrenzt auf den Deponiebereich + Abstrom, ergänzt um neue Werte

GWL	Mächtigkeit			Durchlässigkeit kf [m/S]	Feldversuche kf [m/S]
	Min [m]	Max [m]	Mittel [m]		
GWL 2.0	0 R-GW 02, R-GW 53 R-GW 20	12 R-GW48	ca. 2 - 6	$1 \cdot 10^{-4}$ Feinsand	$7,7 \cdot 10^{-5} - 5,5 \cdot 10^{-4}$ GWM B2/16 (oberer Filter) GWM B3/16
GWL 2.1.1	5 IB2, R-GW 53	26,8 R-GW42	ca. 10 - 15	$5 \cdot 10^{-4}$ Mittelsand	$2,6 \cdot 10^{-4} - 5,9 \cdot 10^{-4}$ PV R-GW 36, R-GW 05A GWM B2/16
GWL 2.1.2	8 R-GW47	25,3 R-GW48	ca. 10 - 15	$5 \cdot 10^{-4}$ Mittelsand	$2,4 \cdot 10^{-4} - 8,2 \cdot 10^{-4}$ PV R-GW 40, 42, 47

6 Wasserhaushalt

6.1 Niederschlagsversickerung und Grundwasserneubildung

Gemäß Aufzeichnungen der MEAB zum Niederschlag in Röthehof ergeben sich in den letzten drei Jahren folgende Jahresniederschlagshöhen:

- 2020: P = 386 mm
- 2021: P = 486 mm
- 2022: P = 356 mm

Mit dem Rechenprogramm ABIMO (BAGROV&GLUGLA sowie GLUGLA & FÜRTIG 1997) wurde bezogen auf eine deutlich höhere jährliche Niederschlagshöhe P von 638 mm die standortabhängige reale Verdunstung sowie die Abflussspende ermittelt. Für die devastierte, vegetationsarme Fläche der Deponie ergibt sich daraus eine beachtliche Abflussspende von 318 mm/a (fast 50% des Jahres-

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

niederschlags), die ohne oberirdisches Abflusssystem der Grundwasserneubildung (GWN) gleichzusetzen ist.

- ABIMO (1997) P = 638 mm → Abflussspende / GWN = 318 mm/a

Von der pedo tec [18] wurden in 2006 für den Standort SAD Röthehof weitergehende Wasserhaushaltsbetrachtungen durchgeführt. Hierfür wurden vier verschiedene Hydrotipe (Flächen gleichen Wasserhaushaltes) unterschieden:

- Gras-, Strauch und Krautvegetation und hohen nutzbare Feldkapazität von 20 %
- Gras-, Strauch und Krautvegetation und niedrigeren nutzbaren Feldkapazität von 10 %
- Flächen mit Baum- und Strauchbewuchs sowie nutzbaren Feldkapazität von 20 %
- versiegelte Flächen

Die Betrachtungen wurden weiterhin für unterschiedliche Jahresniederschlagsmengen durchgeführt und ergaben folgendes Ergebnis für die Versickerung von Niederschlägen:

- Trockenjahr: P = 400 mm → Versickerung / GWN = 65 mm/a
- Normaljahr: P = 600 mm → Versickerung / GWN = 135 mm/a
- Feuchtjahr: P = 760 mm → Versickerung / GWN = 205 mm/a

Aktuelle Wasserhaushaltsgrößen werden vom LfU Brandenburg auf Basis einer Modellierung mit dem Programm ArcEGMO bereitgestellt. Hiernach sind aus dem Kartendienst Hydrologie folgende Werte grob abzulesen, wobei festzustellen ist, dass auch hier die angesetzten Jahresniederschlagsmengen höher sind, als in den letzten drei Jahren auf dem Deponiestandort registriert.

ArcEGMO (1991-2015): P 590 – 600 mm → GWN 100 – 150 mm

Die Berechnungen von pedo tec [18] haben bislang den besten Standortbezug und stimmen zudem gut mit den gröberen Berechnungen mit dem ArcEGMO Modell überein. Bezogen auf die Fläche des Deponiekörpers von 17,4 ha ist mit folgenden Grundwasserneubildungsmengen zu rechnen:

- Trockenjahr: 65 mm/a → 11.310 m³ (Sickerrate bei 113 Regentagen → 6,7·10⁻⁹ m/s)
- Normaljahr: 135 mm/a → 23.490 m³ (Sickerrate bei 113 Regentagen → 1,4·10⁻⁸ m/s)
- Feuchtjahr: 205 mm/a → 35.670 m³ (Sickerrate bei 113 Regentagen → 2,1·10⁻⁸ m/s)

Die Flachpegel in den Weichseldecksanden GWL 1.2 waren zu den früheren Stichtagsmessungen stets trocken, so dass der Niederschlag den GWL 1.2 und entsprechend auch die Weichsel-Geschiebemergel primär vertikal passiert (siehe auch Feststellungen in [9] und [14]). Bei den oben für die Weichselmoräne angegebenen Durchlässigkeitswerten von im Mittel 9,1·10⁻⁸ m/s ist eine Versickerung durch den Geschiebemergel mit den oben angegebenen Sickerraten des Niederschlags auch durchaus möglich.

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

6.2 Oberflächengewässer

Die Hauptvorfluter für den Niederschlag von der Nauener Platte (siehe Abbildung 4) sind:

- im Norden / Nordosten der Großer Havelländische Hauptkanal Entfernung ca. 7,5 km
- im Nordosten der Sieggraben Brieselang Entfernung ca. 2,2 km
- im Osten der Pelsterlakegraben, Entfernung ca. 3,6 km
der in den ca. 6 m entfernten Havelkanal mündet
- im Süden die zur Havel führenden System des Scheidegrabens Entfernung ca. 1,4 km
- im Westen die zum Beetzsee entwässernden Grabensysteme, Entfernung ca. 4,4 km
u. a. Schwarzwasser

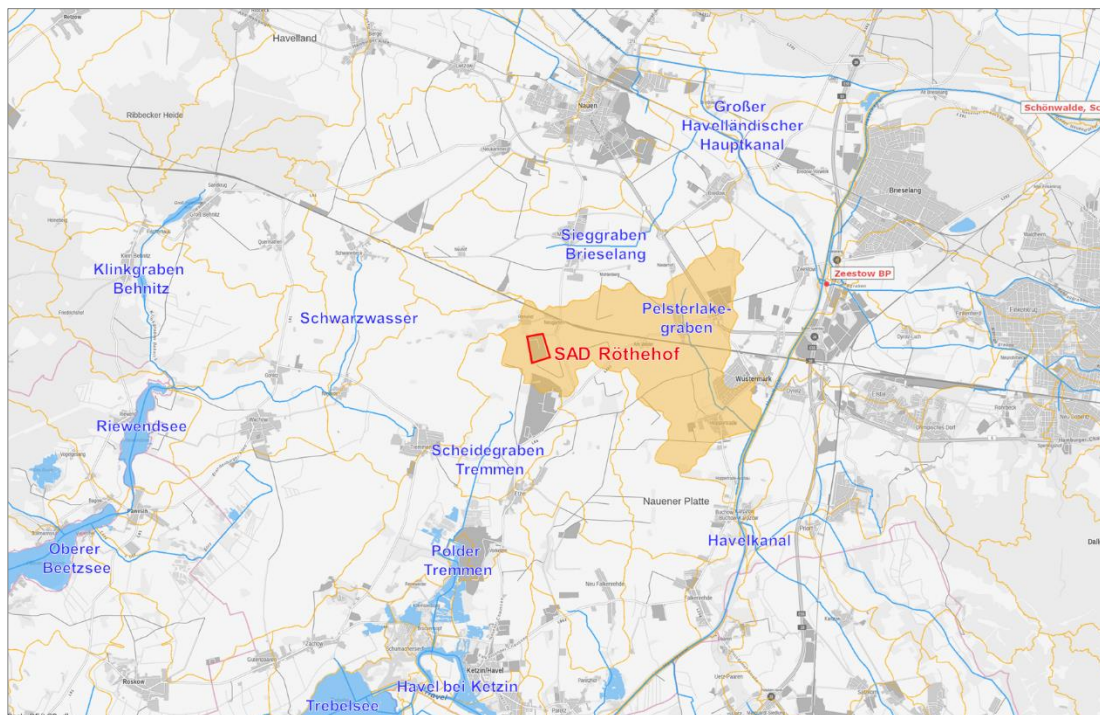


Abbildung 4: Regionales Gewässersystem mit Darstellung des oberirdischen Einzugsgebietes des Pelsterlakegrabens, in dem sich der Deponiestandort befindet, Quelle: LfU, <https://maps.brandenburg.de/> Kartenanwendung Hydrologie, Beschriftungen TAUW

Der Deponiestandort ist dem oberirdischen Einzugsgebiet des Pelsterlakegrabens zugeordnet. In unmittelbarer Nähe zur Deponie befinden sich jedoch keine Flusssysteme. Ein Oberflächenabfluss findet nicht statt, so dass das Niederschlagswasser abzüglich der Verdunstung ausschließlich in den Boden und Grundwasserleiter einspeisen kann.

Die nächstgelegenen offenen Gewässer sind die abflusslosen Röthehofer Teiche. Diese befinden sich ca. 0,8 bis 1,5 km westlich bis nordwestlich der Deponie. Sie stehen mit einer lokalen, saiso-

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

nal schwankenden Wasserführung in den Weichseldecksanden im Zusammenhang, so dass der Grundwasserabstrom vom Deponiegelände keinen Einfluss auf diese Gewässer hat.

6.3 Grundwasserabstromsicherung des Deponiestandortes

Auf dem Standort der Deponie wird seit 03.08.2010 mit wasserrechtlicher Erlaubnis (Reg.-Nr.: GWS-HVII-Re-2a, maximale Fördermenge 167.000 m³/a) eine hydraulische Grundwassersicherungsmaßnahme zur gezielten Erfassung des LCKW-belasteten Grundwassers durchgeführt.

Im Zeitraum 2010 - 2022 erfolgte die Grundwasserförderung aus 3 Sicherungsbrunnen:

- SB1: max. 2,0 m³/h
- SB2: max. 5,0 m³/h
- R-GW05A: max. 5,0 m³/h

Im Zuge der Umstellung des Sicherungsbetriebs wurden für den Brunnen SB2/2009 zwei Ersatzbrunnen SB2/2022 gebaut, so dass die Sicherungsmaßnahme seit 22.11.2022 wie folgt betrieben wird:

- SB1: max. 2,0 m³/h
- SB2o: max. 2,5 m³/h
- SB2m: max. 2,5 m³/h
- R-GW05A: max. 5,0 m³/h

Perspektivisch sollen ebenfalls die neu errichteten Brunnen SB4 und SB5 betrieben werden, so dass die Förderraten dann wie folgt verteilt sind:

	Variante 1	Variante 2	
• SB 1	außer Betrieb	3,0 m ³ /h	
• SB 2o / SB 2u	4,0 m ³ /h	3,0 m ³ /h	(Aufteilung 50/50%)
• SB 4o / SB 4u	4,0 m ³ /h	3,0 m ³ /h	(Aufteilung 50/50%)
• SB 5o / SB 5u	4,0 m ³ /h	3,0 m ³ /h	(Aufteilung 33/67%)

Bei einer Gesamtförderrate von max. 12 m³/h werden derzeit knapp 100.000 m³/a Grundwasser gefördert, was die auf dem Deponiekörper anzusetzende Grundwasserneubildungsmenge in einem Normaljahr um das 4-fache übersteigt. Das gereinigte Grundwasser wird im Anstrom der Deponie wieder in den Grundwasserleiter infiltriert, so dass der Wasserhaushalt weitestgehend ausgeglichen ist.

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

6.4 Grundwassernutzungen

Im unmittelbaren Umkreis der Deponie sind nach öffentlich verfügbaren Informationen keine Grundwassernutzungen bekannt. Die Einwohner aus der Umgebung der Deponie sind an das öffentliche Trinkwassernetz angeschlossen. Inwieweit dies auch für das Einzelgehöft östlich der Deponie (Neugarten 19) oder Vereinsanlagen nordwestlich der Deponie (Hundesportverein) zutrifft, ist unbekannt.

Auf dem Deponiestandort befindet sich ein Brunnen für den Eigenbedarf der MEAB, der aus dem GWL 2.2 (Elsterglazial) fördert.

Die bedeutendste Grundwassernutzung erfolgt in größerer Entfernung durch Wasserwerke, allen voran:

- Wasserwerk Nauen
 - Entfernung Fassungsanlagen reichlich 4 km nördlich der Deponie
 - Entfernung zur Schutzzone ca. 700 m
 - Grundwasserförderung aus dem GWL 2 (8 Brunnen), teilweise GWL 4¹ (2 Brunnen)
 - Fördermenge lt. Bewilligung (2012): $Q_{365d} = 1.277.500 \text{ m}^3/\text{a}$ / $Q_{1dmax} = 5.400 \text{ m}^3/\text{d}$
davon wurden im Jahr 2020 max. 1.120.000 m³ ausgeschöpft
Anmerkung: ggü. den Angaben GCI 2001 (2.000 m³/d) wurde die Förderkapazität deutlich ausgebaut.

und mengenmäßig untergeordnet:

- Wasserwerk Wachau Gohlitz-Niebede (bei Wachow)
 - Entfernung Fassungsanlagen ca. 5,8 km westlich der Deponie
 - Entfernung zur Schutzzone ca. 5,5 km (bzw. 3,5 km zur Einzugsgebietsgrenze)
 - Grundwasserförderung aus 3 Brunnen aus dem GWL 4 (64 - 76 m uGOK)
 - Fördermenge lt. Bewilligung (2006): $Q_{365d} = 690.000 \text{ m}^3/\text{a}$ / $Q_{1dmax} = 2.650 \text{ m}^3/\text{d}$
davon wurden im Jahr 2020 max. 472.000 m³ ausgeschöpft
- Wasserwerk Zachow-Tremmen
 - Entfernung Fassungsanlagen ca. 7,5 km südwestlich der Deponie
 - Entfernung zur Schutzzone ca. 6,9 km (bzw. 3,7 km zur Einzugsgebietsgrenze)
 - Grundwasserförderung aus 4 Brunnen aus dem GWL 3 (ca. 20 - 38 m uGOK)
 - Fördermenge lt. Bewilligung: $Q_{365d} = 285.000 \text{ m}^3/\text{a}$ / $Q_{1dmax} = 1.140 \text{ m}^3/\text{d}$

Die Lage der relevanten Grundwassernutzer ist der Abbildung 5 zu entnehmen.

¹ GWL 2 – GWL 3 – GWL 4: vom WAH wird eine andere Nummerierung der GWL benutzt. GWL 2 = Quartär – Saale, GWL 3 = Quartär Elster, GWL 4 = Tertiär

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

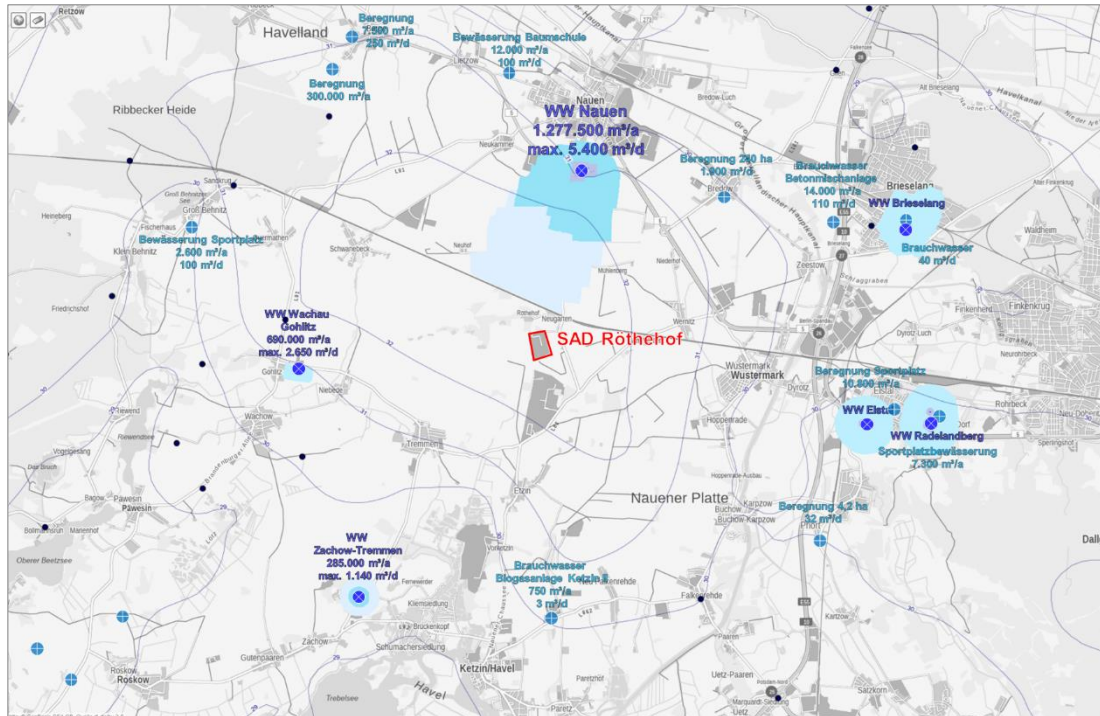


Abbildung 5: Grundwassernutzungen im größeren Umkreis der Deponie, Quelle: LfU, Auskunftsplattform Wasser, <https://apw.brandenburg.de/>, Beschriftungen TAUW

Die privaten Wassernutzungen dienen mehrheitlich der Brauchwasserversorgung oder der Beregnung / Bewässerung. Mehrheitlich liegt die bewilligte Jahresfördermenge deutlich unter 20.000 m³/a, was als Einzelförderung bezogen auf die Förderkapazität des WW Nauen einen Anteil von < 1,6 % ausmacht.

7 Hydrodynamik

7.1 Regionale Situation

Die regionale hydrodynamische Situation wird durch die Hochfläche der Nauener Platte (indirektes Grundwasserneubildungsgebiet) sowie den allseitigen Grundwasserabstrom nach Norden in das Berliner Urstromtal, nach Süden in die Havelniederung sowie den Polder Tremmen, nach Osten in das Durchbruchstal Havelkanal und nach Westen zum Klinkgraben sowie den Riewendsee und Oberen Beetzsee bestimmt. Untergeordnet haben auch die Wasserwerke Nauen, Wachau (Gohltz / Niebede) einen Einfluss auf die Hydrodynamik.

Gemäß dem regionalen Grundwassergleichenplan in Abbildung 6 befindet sich die Deponie südwestlich der Grundwasser-Toplage mit Grundwasserhöhen von über 33 mNHN. Somit würde die Deponie eher von Nord nach Süd unterströmt werden. Unter Berücksichtigung der lokalen Grund-

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

wasserstichtagsmessungen der MEAB ist jedoch bekannt, dass der unmittelbare Abstrom vom Deponiestandort zunächst primär nach West, im Südbereich ggf. leicht nach Süd-West erfolgt.

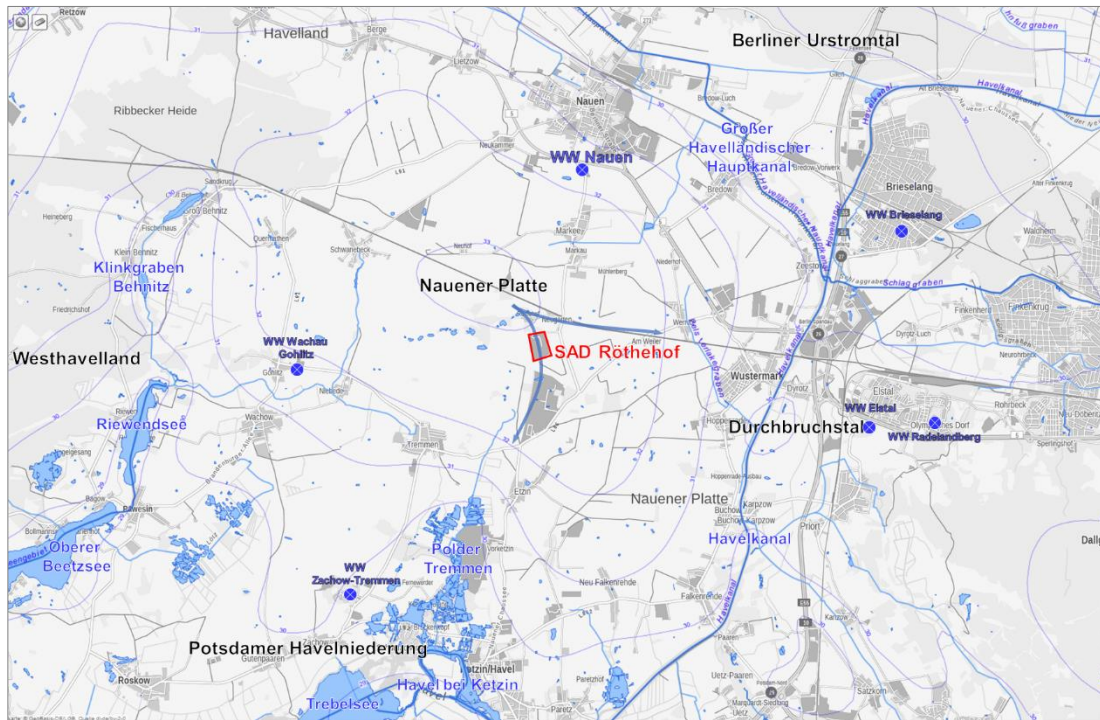


Abbildung 6: Regionaler Grundwassergleichenplan Frühjahr 2015 mit Darstellung des Gewässernetzes sowie der relevanten Grundwassernutzungen, Quelle: LfU, <https://apw.brandenburg.de/>, Beschriftungen TAUW

Das Wasserwerk Nauen befindet sich reichlich 4 km nördlich der Deponie, wobei sich das Einzugsgebiet nicht bis zur Deponie erstreckt. Zwischen Toplage und Wasserwerk Nauen lässt sich anhand der Grundwasserhöhendifferenz ein hydraulisches Gefälle von 0,43 ‰ ableiten. Bei Ansatz einer hydraulischen Durchlässigkeit für Mittelsande von $5 \cdot 10^{-4}$ m/s und einer durchflusswirksamen Porosität von 25 % ergeben sich Abstandsgeschwindigkeiten des Grundwassers von reichlich 25 m/a. Ausgehend von der hydraulischen Toplage zu den Wasserwerksbrunnen (3.390 m) besteht demnach eine Gesamtfließzeit von ca. 135 Jahren. Die Fassungsanlagen der anderen Wasserwerke liegen noch in viel größerer Entfernung, so dass zu diesen die die Gesamtfließzeit weit über 100 Jahre beträgt.

7.2 Lokale Grundwasserströmungsverhältnisse

7.2.1 Natürliche Strömungsverhältnisse vor Beginn der Sicherungsmaßnahme

Der Standort der SAD Röthehof ist durch einen heterogenen geologischen Aufbau des Untergrundes gekennzeichnet, der in Ausbreitung und Mächtigkeit von Grundwasserleitern und -geringleitern stark variiert.

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

Die Grundwasserhöhen in den in unterschiedlichen Tiefen verfilterten Grundwassermessstellen deuten auf einen verstärkten vertikalen Grundwassergradienten hin, der für Grundwasserneubildungsgebiete charakteristisch ist. Neben der horizontalen Grundwasserströmung findet somit auch eine vertikale, von oben nach unten in den GWL 2.1.2 gerichtete Grundwasserbewegung statt.

Die anhand der Stichtagsmessungen ermittelte Grundwasserfließrichtung ist sowohl vor Sanierungsbeginn als auch aktuell westlich gerichtet (siehe **Anlage 4-1** und **4-2**). Unter unbeeinflussten Strömungsbedingungen liegt ein flacher hydraulischer Gradient von ca. 0,4 ‰ vor (Mai 2010). Im Fall der überwiegend anzutreffenden Mittelsande ($k_f = 5 \cdot 10^{-4}$ m/s, $n_{eff} = 25\%$) ergibt sich hieraus eine geringe Fließgeschwindigkeit von ca. 25 m/a.

7.2.2 Beeinflusste Strömungsverhältnisse während des Sicherungsbetriebs

Durch die hydraulische Sicherungsmaßnahme zeigen sich aufgrund der Grundwasserentnahme und Reinfiltration sehr ausgeprägte Absenk- und Aufstaubereiche. Auf den Grundwassergleichplänen 2022 decken die Einzugsgebiete der Sicherungsbrunnen das Deponiegelände großflächig ab, es sind jedoch auch noch Fassungslücken zwischen SB1 und SB2 sowie nördlich von SB2 erkennbar (siehe **Anlage 4-2**), die in naher Zukunft durch die Inbetriebnahme zusätzlicher Brunnen SB4 und SB5 geschlossen werden sollen (siehe Abbildung 7).

Bei einer Höhendifferenz des Grundwassers von fast 1,0 m auf dem Gelände der Deponie (ca. 500 m Länge) ergibt sich ein hydraulischer Gradient von 2,0 ‰. Dieses erhöhte Fließgefälle resultiert in einer höheren Fließgeschwindigkeit von ca. 100 m/a (Mittelsanden $k_f = 5 \cdot 10^{-4}$ m/s, $n_{eff} = 25\%$) bei gleichzeitig verbesserter Durchspülung des kontaminierten Aquiferbereiches unterhalb der Deponie. Gegenüber einer reinen pump & treat-Maßnahme ist mit diesem hydraulischen Kreislauf ein beschleunigter Schadstoffaustrag zu erwarten.

Im Gegensatz zum Deponiebereich wird durch den Förderbetrieb der hydraulische Gradient abstromig der Sicherungsbrunnen bzw. abstromig der Deponie herabgesetzt, so dass sich lokal auch ein Stagnationsbereich ausbildet, der einem weiteren Schadstoffabstrom entgegenwirkt.

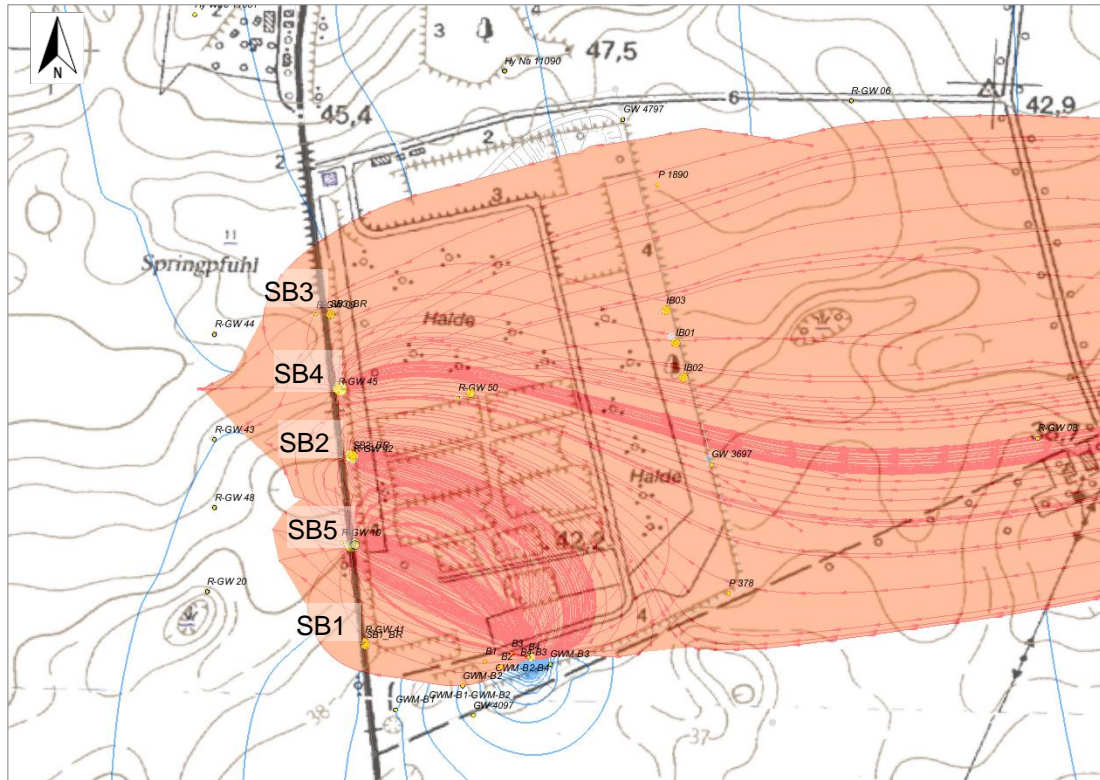


Abbildung 7: Brunneneinzugsgebiete Variante 1 bei 12 m³/h, rote Linien = Fließwege, rote Fläche = Brunneneinzugsgebiete

7.2.3 Entwicklung der Grundwasserhöhen

Jahreszeitliche Schwankungen der Grundwasserhöhen sind auf saisonal unterschiedliche Grundwasserneubildungsraten zurückzuführen. Durch die erhöhte Grundwasserneubildung im Winter bis Frühjahr wird der Aquifer aufgefüllt, während in den Sommermonaten bis hin zum Herbst das Wasserbilanzdefizit zu einem kontinuierlichen Abfall der Grundwasserspiegellage führt.

Zur Bewertung der Entwicklung der Grundwasserhöhen kann auf eine fast 40-jährige Messreihe (Frühjahr 1983 bis Dezember 2022) zurückgegriffen werden.

Die saisonalen Schwankungen wurden als 5-Jahres-Mittelwert getrennt für die einzelnen Grundwasserleiter ausgewertet (s. Tabelle 7.1). Differenziert wird der Zeitraum vor Inbetriebnahme der hydraulischen Sicherung (2004 - 2008) sowie nach Inbetriebnahme der Abstomsicherung (2017 bis 2021). Tendenziell erscheinen die Schwankungen im GWL 2.0 im Mittel am höchsten. Auch können als Folge der hydraulischen Sicherung keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, was u. a. auch daran liegt, dass durch die Reinfiltration der Grundwasserhaushalt gestützt wird.

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

Tabelle 7.1: Statistische Betrachtung zu den Grundwasserhöhen im Bereich der Deponie

	GWL 2.0	GWL 2.1.1	GWL 2.1.2
mittlere Schwankung 2004 - 2008	31 cm	22 cm	16 cm
mittlere Schwankung 2007 - 2021	16 cm	17 cm	16 cm
min. GW-Höhe Messzeitraum	31,65 mNHN	31,67 mNHN	31,65 mNHN
max. GW-Höhe Messzeitraum	35,22 mNHN	35,49 mNHN	35,03 mNHN
Spanne GW-Höhe (max. - min.)	3,57 m	3,82 m	3,38 m

7.2.4 Ableitung des höchsten Grundwasserstandes zeHGW

Der zu erwartende höchste Grundwasserstand (zeHGW) ist derjenige, der sich witterungsbedingt maximal einstellen kann. Er kann nach extremen Feuchtperioden auftreten, sofern der Grundwasserstand in der Umgebung durch künstliche Eingriffe weder abgesenkt noch aufgehört wird.

Der zeHGW für den Bereich der Deponie wird auf Basis der langjährigen Messreihen (vgl. Abschnitt 7.2.3) abgeleitet. Unter Berücksichtigung der bisherigen saisonalen und witterungsbedingten Schwankungen zeigt sich die höchst gemessene Grundwasserhöhe im GWL 2.1.1 mit 35,49 mNHN (s. Tabelle 7.1). Dieser wurde einmalig am 23.05.2013 in der Messstelle R-GW 04u gemessen. Von insgesamt 3.408 als plausibel eingestuften Messwerten wurde 71 mal eine Grundwasserhöhe von über 35 m NHN gemessen. In Relation zur Gesamtanzahl liegen somit 97,9% der Messwerte $\leq 35,00$ mNHN, so dass Werte > 35 mNHN bereits als Extremwerte angesehen werden können.

Als zeHGW ist für den Standort der Deponie aus Gutachtersicht eine Grundwasserhöhe von 36,00 mNHN anzusetzen. Dieser Wert ist gegenüber dem letzten Geologisch-Hydrogeologischen Gutachten der GCI (2001) um 50 cm nach oben korrigiert. Der angepasste zeHGW-Wert enthält zu der ohnehin schon als Extremwert eingestuften maximal gemessenen Grundwasserhöhe einen Zuschlag von reichlich 50 cm. Bezogen auf die bislang gemessene Spannweite der Grundwasserschwankung (3,82 m) beträgt der Sicherheitszuschlag 13 %.

Die moderate Anpassung des zeHGW ist damit zu rechtfertigen, dass im Gegensatz zum Gutachten der GCI 2001 nun auf eine fast 40-jährige Messreihe zurückgegriffen kann. In den letzten Jahren seit 2012 zeigt sich zwar eine stetige Abnahme der Maximalwerte der Grundwasserhöhe, diese kann aber zu einem gewissen Anteil und trotz Infiltration auch auf die Grundwasserförderung zur Abstomsicherung zurückzuführen sein. Schließlich sind bei der Betrachtung des zeHGW unbeeinflusste Bedingungen heranzuziehen.

Auswirkungen des Klimawandels lassen sich mit den verfügbaren Mitteln nicht belastbar quantifizieren. Auch wenn das Jahr 2022 hinsichtlich Jahresniederschlag wieder ein Trockenjahr war, zeigen die 30-jährigen Mittelwerte der Jahresniederschläge (1991 - 2020) im Vergleich zu den 30-jährigen Mittelwerten der vorangegangenen Jahrzehnte (1961 - 1990) noch keine Abweichungen [16].

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

Ein durchaus mögliches Szenario ist aber, dass sich infolge Trockenperioden und eines steigenden Trinkwasserbedarfs die Situation mit niedrigen Grundwasserständen weiter verschärft, weshalb auch in dieser Hinsicht der angesetzte zeHGW-Wert ausreichend bemessen ist.

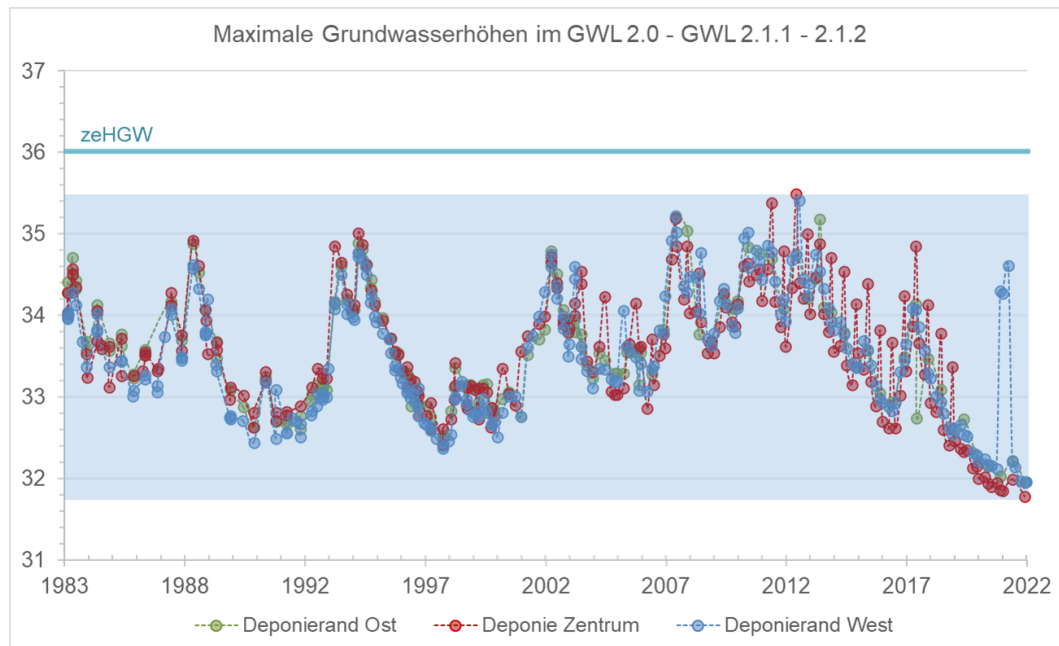


Abbildung 8: Zeitreihe der maximalen Grundwasserhöhen eines Stichtags, getrennt nach Messstellen am östlichen Deponierand, Deponiezentrum sowie westlichen Deponierand.

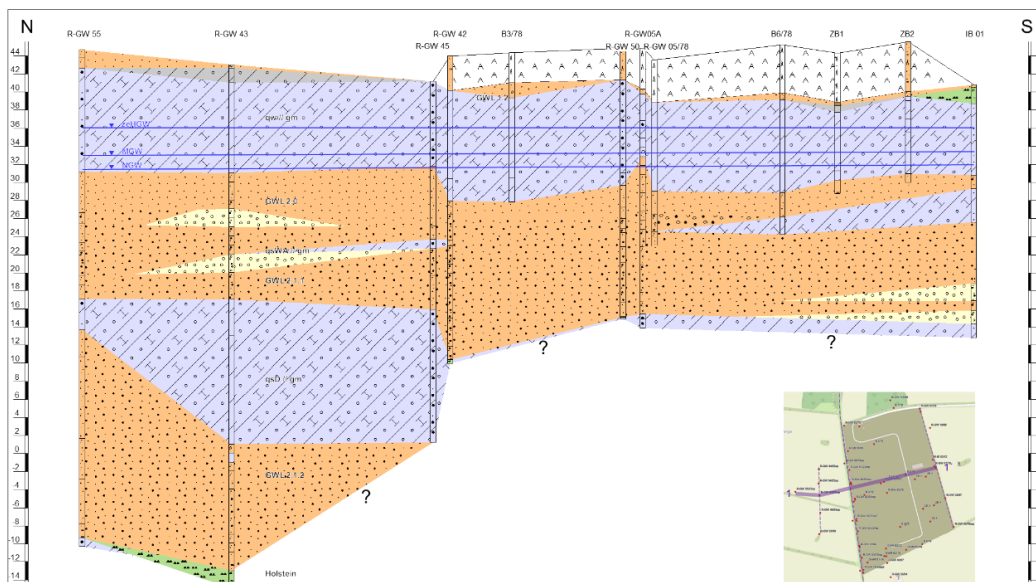


Abbildung 9: Brunneneinzugsgebiete Variante 1 bei 12 m³/h, rote Linien = Fließwege, rote Fläche = Brunneneinzugsgebiete

8 Hydrochemische Verhältnisse

Bereits vor Aufnahme des Deponie-Betriebs Anfang 1980 war eine hydrochemische Prägung des Grundwassers durch erhöhte Gehalte anorganischer Inhaltstoffe präsent (SCHIRRMEISTER 1989, zitiert in [9]). Diese Prägungen konnten damals Sickerwässern aus der Altdeponie mit den Ascheablagerungen zugeordnet werden. Auch im Anstrom der Deponie zeigten sich solche Prägungen, dessen Ursache damals nicht bekannt war. Andererseits wurde bis in die 30er Jahre Asche als Düngemittel auf den Feldern in der Umgebung untergepflügt, was ebenfalls eine mögliche Erklärung für die hydrochemische Prägung wäre.

Grundwasseruntersuchungen aus 1990 und 1991 – etwa 10 Jahre nach Aufnahme des Deponiebetriebs – zeigten geringfügige Verunreinigungen durch CKW und andere chlorierte organische Verbindungen (DDT, HCH / Lindan, HCB), die schließlich Anlass für eine weitergehende Gefährdungsbeurteilung gaben. Im Jahr 1994 wurde schließlich mit der Errichtung der Messstelle R-GW 05A im Zentrum der Deponie eine LCKW-Belastung von 41 mg/L ermittelt.

Nachdem 2003 erstmals auch LCKW an Grundwassermessstellen im Abstrom der Deponie festgestellt wurden, veranlasste die zuständige Behörde die Erarbeitung und Umsetzung eines Sicherungs- und Sanierungskonzeptes.

Im Folgenden wird auf ausgewählte Parameter des Grundwassermonitorings der MEAB der Jahre 2020 - 2022 eingegangen. Zur Bewertung der Auswirkungen der Einträge mit dem Sickerwasser wird ausschließlich auf die GWL 2.0 und 2.1.1 eingegangen.

8.1 Elektrische Leitfähigkeit, Sulfat, Chlorid, Bor

Sowohl Messstellen im zentralen Bereich der Deponie als auch im Abstrom zeigen im Vergleich zum Anstrom eine deutliche Prägung durch verschiedene Deponie-typische Stoffe.

Die elektrische Leitfähigkeit ist der Summenparameter für den gesamten Lösungsinhalt ionisierter Wasserinhaltsstoffe. Im Anstrom liegt dieser bei reichlich 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ noch deutlich unter dem Grenzwert der TrinkwV. Im Deponiezentrum mit Schwerpunkt R-GW50 liegt der Mittelwert bereits bei 5.670 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Der Abstrompfad mit Leitfähigkeitswerten über 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hat seinen Schwerpunkt im zentralen bis nördlichen Deponiebereich und verläuft über die Brunnen bzw. Messstellen R-GW42, R-GW45, SB3 bis hin zu den Abstrommessstellen R-GW43 und R-GW48.

Bei Sulfat, Chlorid und Bor sieht das Bild identisch aus, wobei die Überprägung mit Chlorid oberhalb des Mittelwertes auch am südwestlichen Deponierand bemerkbar ist. Mit im Mittel 242 mg/L liegt die Sulfat-Konzentration auch schon im Anstrom vergleichsweise hoch aber noch knapp unter dem Trinkwassergrenzwert (250 mg/L). Ursache dürfte eine Düngung der umgebenden landwirtschaftlichen Flächen mit Sulfat-haltigen Düngemitteln sein. Im Zentrum der Deponie liegen die Konzentrationen für alle Parameter im Mittel weit über den Grenzwerten der TrinkwV. Im Abstrom nehmen die Konzentrationen zwar ab, sind aber weiterhin deutlich erhöht:

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

- | | | | |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| LF-Mittelwert: | Deponie Zentrum | westlicher Deponierand | Abstrom |
| TrinkwV (2.790 $\mu\text{S/cm}$) | 5.669 $\mu\text{S/cm}$ | 3.210 $\mu\text{S/cm}$ | 2.564 $\mu\text{S/cm}$ |
- | | | | |
|------------------------------|-----------------|------------------------|----------|
| SO ₄ -Mittelwert: | Deponie Zentrum | westlicher Deponierand | Abstrom |
| TrinkwV (250 mg/L) | 2.254 mg/L | 843 mg/L | 727 mg/L |
- | | | | |
|--------------------|-----------------|------------------------|----------|
| Cl-Mittelwert: | Deponie Zentrum | westlicher Deponierand | Abstrom |
| TrinkwV (250 mg/L) | 567 mg/L | 340 mg/L | 293 mg/L |
- | | | | |
|------------------|-----------------|------------------------|---------|
| Bor-Mittelwert: | Deponie Zentrum | westlicher Deponierand | Abstrom |
| TrinkwV (1 mg/L) | 2,9 mg/L | 0,9 mg/L | 1 mg/L |

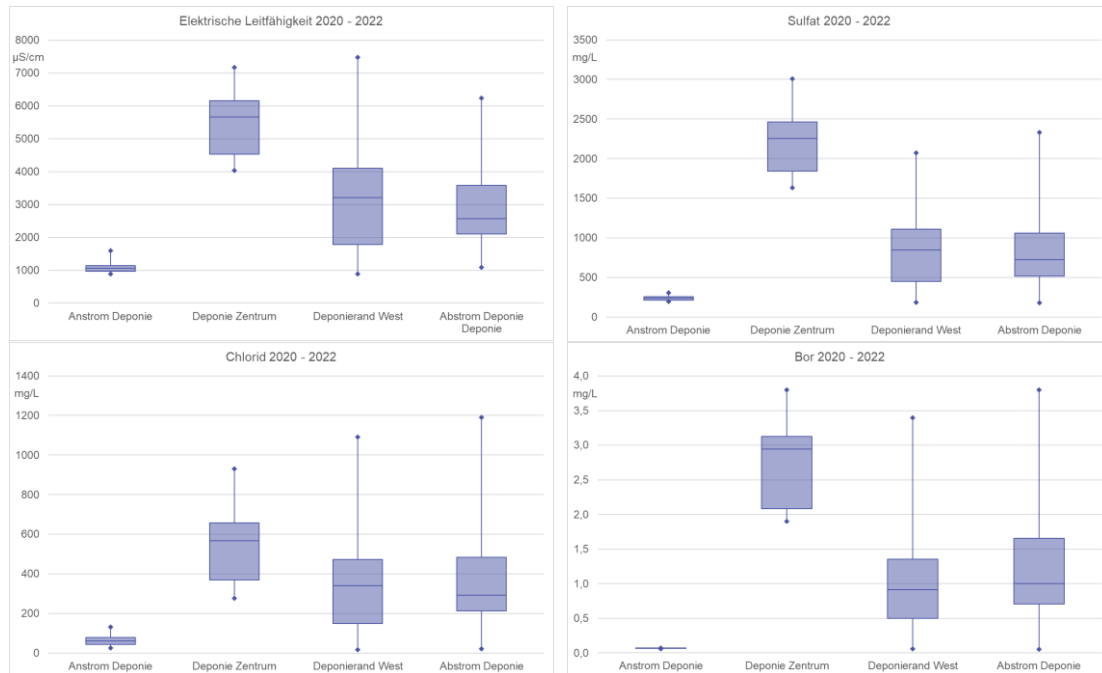


Abbildung 10: Wert- / Konzentrationsbereiche für elektrische Leitfähigkeit, Sulfat, Chlorid und Bor als Indikatoren für einen Eintrag von der Deponie mit dem Sickerwasser

8.2 Ammonium und Nitrat

Insbesondere die Messstellen am westlichen Deponierand und hier schwerpunktmäßig in der südlichen Hälfte R-GW41 bis hin zu R-GW 45 zeigen im Vergleich zum Anstrom eine deutliche Prägnung durch Ammonium. Nitrat fällt demgegenüber stärker in der nördlichen Hälfte zwischen R-GW45 und SB3 / R-GW09 auf. Bedingt durch Verdünnung und Abbauprozesse nimmt die Nitrat-Konzentration im weiteren Abstrom deutlich ab und liegt hier im Mittel bei 36 mg/L unterhalb des Trinkwassergrenzwertes.

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

- | | | | |
|------------------------------|-----------------|------------------------|----------|
| NH ₄ -Mittelwert: | Deponie Zentrum | westlicher Deponierand | Abstrom |
| TrinkwV (0,5 mg/L) | 0,7 mg/L | 2,4 mg/L | 0,4 mg/L |
- | | | | |
|------------------------------|-----------------|------------------------|---------|
| NO ₃ -Mittelwert: | Deponie Zentrum | westlicher Deponierand | Abstrom |
| TrinkwV (50 mg/L) | 116 mg/L | 246 mg/L | 36 mg/L |

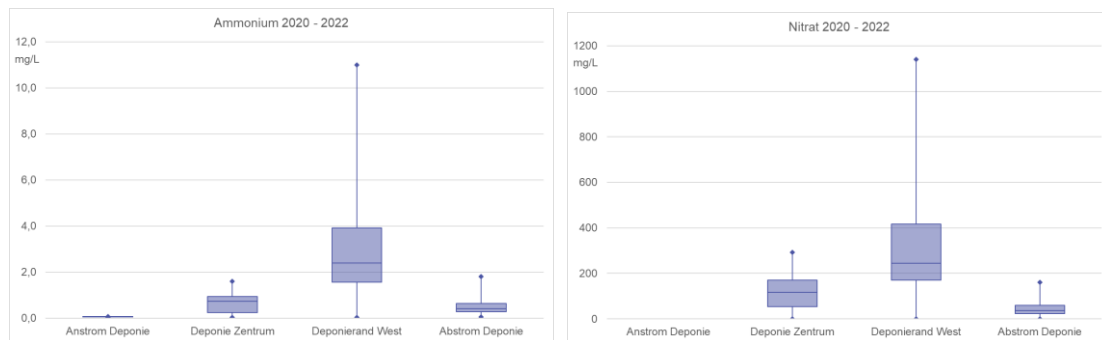


Abbildung 11: Konzentrationsbereiche für Ammonium und Nitrat

8.3 Eisen und Mangan

Die Konzentration von Eisen und Mangan im Grundwasser wird primär durch die hydrochemischen Milieubedingungen und den Redoxzustand bestimmt. Die leicht erhöhten Eisen- und Mangan-Werte im Zentrum sowie Deponieabstrom kennzeichnen eisen- und manganreduzierende Milieubedingungen und sind daher ein Ausdruck dafür, dass mikrobiologische Abbauprozesse stattfinden. Tatsächlich treten erhöhte Eisenkonzentrationen dort auf, wo auch mit über 10 bis max. 36 mg/L TOC eine erhöhte Konzentration von organischen Kohlenstoff vorliegt.

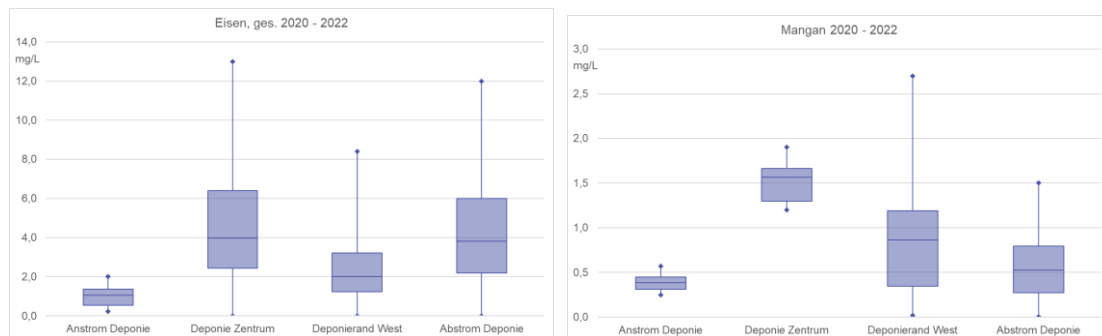


Abbildung 12: Konzentrationsbereiche für Eisen und Mangan

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

8.4 LCKW und AOX

Die Konzentrationen von LCKW und den Adsorbierbaren Organischen Halogenen (AOX) sind eng miteinander verknüpft und zeigen im Vergleich somit auch ein ähnliches Verbreitungsmuster. Die Geringfügigkeitsschwelle für LCKW im Grundwasser (20 µg/L) wird um ein Vielfaches überschritten.

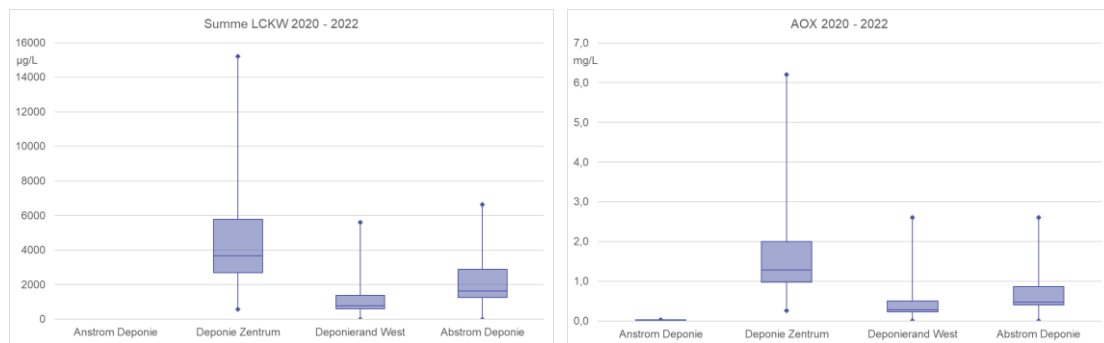


Abbildung 13: Konzentrationsbereiche für LCKW und AOX

Aufgrund der LCKW-Belastung des Grundwassers unter dem Deponiestandort sowie im Abstrom wird bekanntermaßen eine hydraulische Maßnahme zur Grundwasserabstromsicherung durchgeführt. Die Wirksamkeit der Maßnahme wird jährlich in einem Bericht bewertet, zuletzt für das Betriebsjahr 2022 in [23]. In Abbildung 14 ist die LCKW-Belastungssituation auf einem Lageplan dargestellt. Nach aktuellem Kenntnisstand hat sich ausgehend vom ehemaligen Belastungsschwerpunkt im Zentrum der Deponie (R-GW05A) über die Messstellen R-GW42 und R-GW45 bis hin zu R-GW43 eine nach West gerichtete Schadstofffahne ausgebildet. Ein weiterer Belastungsbereich, jedoch mit geringerer Konzentration, befindet sich am südwestlichen Deponierand (R-GW41), der höchstwahrscheinlich auf einen anderen Eintragsbereich innerhalb der Deponie zurückzuführen ist.

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

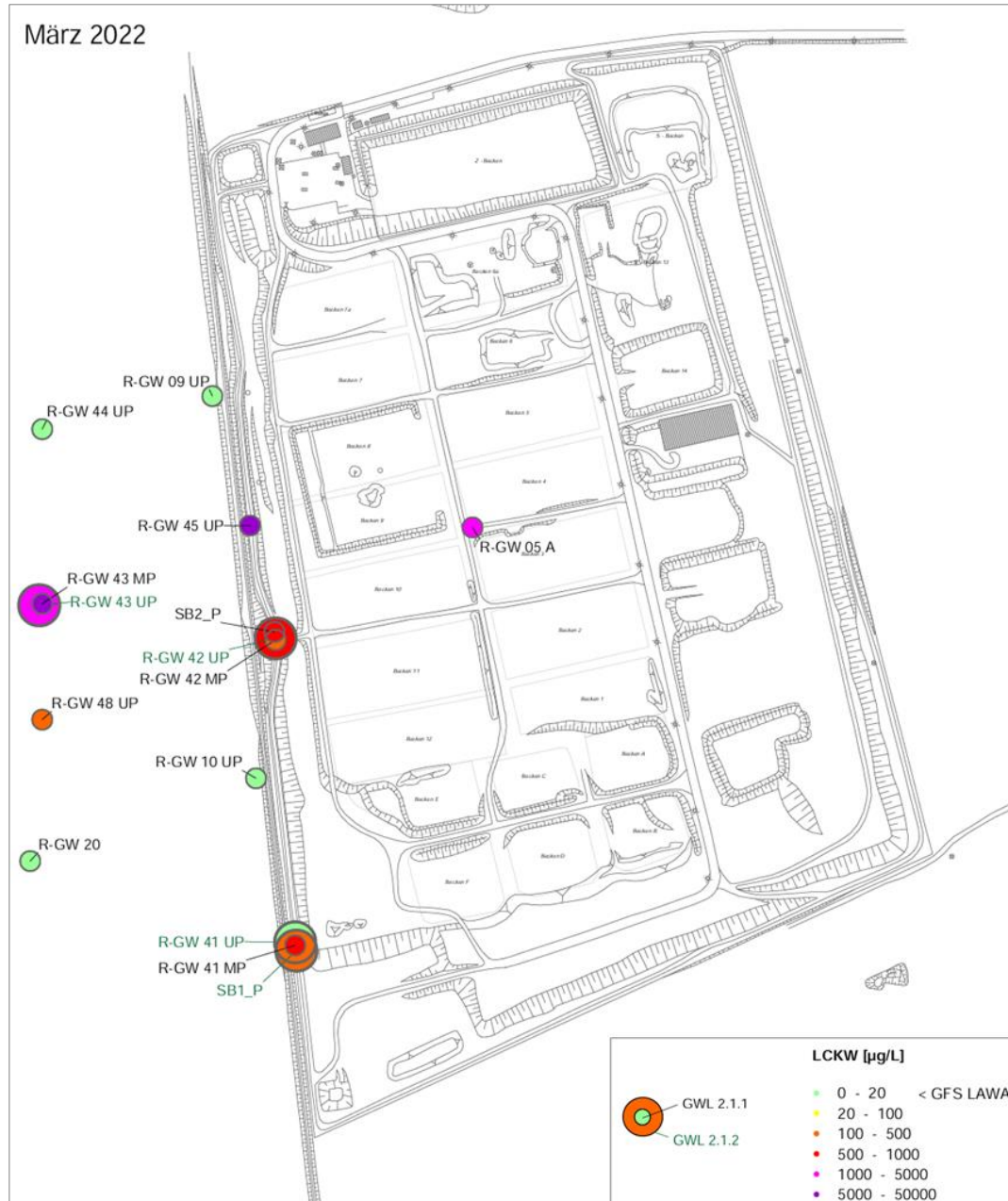


Abbildung 14: Belastungskarte LCKW im März 2022

8.5 Andere Schadstoffe

Zusätzlich im Monitoringprogramm der MEAB werden BTEX und PAK untersucht. Auch hier zeigt sich eine geringe Beeinträchtigung des Grundwassers im Zentrum sowie Abstrom der Deponie. Die Geringfügigkeitsschwelle wird aber unterschritten, so dass die Schadstoffe von untergeordneter Relevanz sind.

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

Beide Stoffgruppen besitzen ein vergleichsweise gutes Adsorptionsverhalten (PAK stärker als bei BTEX) und sind insbesondere im Falle der BTEX auch mikrobiologisch abbaubar, so dass sich regulär auch keine ausgedehnten Schadstofffahnen über mehrere hundert bis tausend Meter ausbilden.

- | | | | |
|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| • BTEX-Mittelwert:
GFS (20 µg/L) | Deponie Zentrum
4 µg/L | westlicher Deponierand
2 µg/L | Abstrom
3 µg/L |
| • PAK-Mittelwert:
GFS (0,2 µg/L) | Deponie Zentrum
0,03 µg/L | westlicher Deponierand
0,04 µg/L | Abstrom
0,14 µg/L |

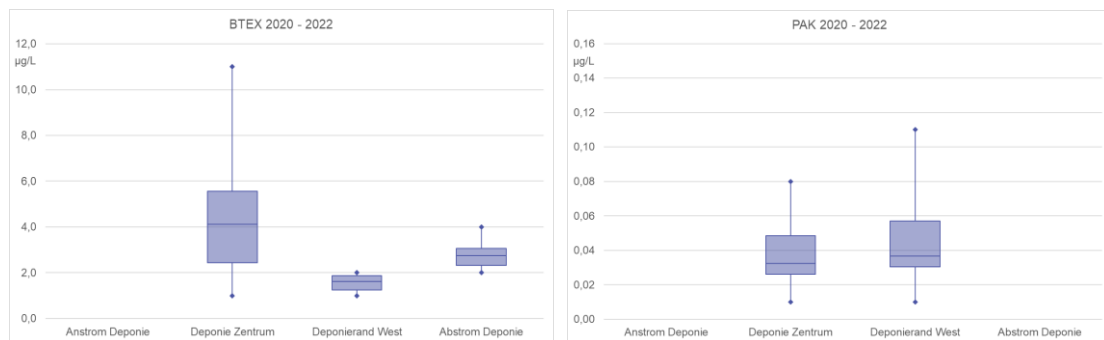


Abbildung 15: Konzentrationsbereiche für BTEX und PAK

9 Schutzgüter und Gefährdungsbeurteilung

Im Sinne einer Gefährdungsbeurteilung sind folgende Schutzgüter primär zu betrachten:

- Oberflächengewässer
- Grundwasser
- Grundwassernutzungen
- landwirtschaftliche Nutzung

Oberflächengewässer

In unmittelbarer Nähe zur Deponie befinden sich keine Oberflächengewässer. Ein Oberflächenabfluss findet nicht statt. Niederschläge versickern entweder direkt in den Untergrund oder werden durch Pflanzen aufgenommen und verdunstet.

Die in einer Entfernung von minimal 800 m nahe gelegenen Röhthofer Teiche stehen ausschließlich mit den Weichseldecksanden (GWL 1.2) in Verbindung. Da der hydraulische Gradient im Bereich der Nauener Platte (Grundwasserneubildungsgebiet) zu den tieferen Grundwasserleitern gerichtet ist und im Bereich der Deponie der GWL 1.2 nicht wasserführend ist, werden die Teiche nicht durch den Deponieabstrom beeinflusst.

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

Grundwasser

Der saaleglaziale Hauptgrundwasserleiter ist durch einen flächenhaft aushaltenden Geschiebemergel (Weichselmoräne) bedeckt. Die Mächtigkeit dieser geologischen Barriere liegt im Bereich der Deponie zwischen 5,4 und 21,7 m und weist demnach lokal erosionsbedingte Schwächezonen auf. Die Grundwasserdruckhöhe des Hauptgrundwasserleiters befindet sich im Bereich des Geschiebemergels, so dass gespannte Grundwasserverhältnisse vorliegen.

Die mittlere Durchlässigkeit von $4,2 \cdot 10^{-7}$ bis $9,1 \cdot 10^{-8}$ m/s steht für einen schwach durchlässigen tonigen Schluff, der die Anforderungen an eine geologische Barriere nicht erfüllt. Nachweislich wurden daher über die Jahrzehnte mit dem Sickerwasser Deponie-gebürtige Stoffe in den Grundwasserleiter eingetragen. Die Beeinträchtigung der Grundwasserbeschaffenheit ist insbesondere an den erhöhten Leitfähigkeitswerten, der stark erhöhten Sulfat- und Chlorid-Konzentrationen, Nitrat-Konzentration, TOC-Konzentration sowie der Belastung mit LCKW zu erkennen.

Eine Gefährdung des Grundwassers geht insbesondere von den mobilen, schlecht mikrobiologisch abbaubaren LCKW-Verbindungen aus. Aufgrund erosiver Fehlstellen in den saalekaltzeitlichen Stauern bestehen zwischen den einzelnen saaleglazialen Grundwasserleitern (2.0, 2.1.1, 2.1.2) hydraulische Verbindungen, so dass sich die LCKW bereits in den weiteren Deponieabstrom und bis in den GWL 2.1.2 ausbreiten konnten.

Aktuell und auch noch in Zukunft wird der Schadstoffabstrom von der Deponie durch eine hydraulische Maßnahme am westlichen Deponierand gesichert, so dass eine Gefährdung des Grundwassers abstromig der Deponie zukünftig unterbunden ist.

Grundwassernutzung

Als besondere Schutzgüter in der näheren Umgebung der Deponie sind das reichlich 4 km nördlich gelegene WW Nauen, das ca. 6 km westlich gelegene WW Gohlitz-Niebede sowie das mit ca. 7,5 km noch weiter südwestlich liegende WW Zachow-Tremmen zu nennen.

Die Schutzzone III des Wasserwerks Nauen und entsprechend auch das Grundwassereinzugsgebiet reicht bis zur Bahnstrecke sowie der Grundwasser-Toplage der Nauener Platte etwa 530 m nördlich der Deponie. Demnach liegt die Deponie nicht im Einzugsgebiet des Wasserwerks Nauen, so dass eine Gefährdung des Wasserwerkes nicht zu erkennen ist.

Die kürzeste Entfernung der Einzugsgebietsgrenzen der Wasserwerke Gohlitz / Niebede sowie Zachow / Tremmen zur Deponie beträgt 3,5 bzw. 3,7 km. Zudem fördert das WW Gohlitz / Niebede aus dem tertiären GWL 4, so dass auch für diese Wasserwerke eine Gefährdung nicht zu erkennen ist.

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

Landwirtschaftliche Nutzung

Die deponieumgebende Fläche wird hauptsächlich agrarwirtschaftlich genutzt. Die angetroffene LCKW-Belastung des Grundwassers im Abstrom der Deponie befindet sich in einer Tiefe von ca. 20 m uGOK und hat aufgrund der Tiefenlage in der jetzigen Situation keine Auswirkung auf die aktuelle agrarwirtschaftliche Nutzung der Flächen im Abstrom der Sonderabfalldeponie. Eine Nutzung des Grundwassers für Bewässerungszwecke sollte hier aber ausgeschlossen werden.

10 Abschließende Standortbewertung

Die Sonderabfalldeponie Röthehof wurde 1981 auf einer Altdeponie, der bis 1930 betriebenen Charlottenburger Müllhalde, errichtet. Mittlerweile existieren umfangreiche geologisch-hydrogeologische Untersuchungen, anhand der die Potentiale und Risiken des Standortes als Deponiestandort beurteilt werden können.

In unmittelbarer Nähe zur Deponie befinden sich keine Oberflächengewässer. Ein Oberflächenabfluss findet nicht statt. Niederschläge versickern entweder direkt in den Untergrund oder werden durch Pflanzen aufgenommen und verdunstet. Eine Gefährdung von Oberflächengewässern ist somit auszuschließen.

Wasserwerke und andere Gewässer befinden sich in weiter Entfernung, so dass eine Schutzgutgefährdung nicht zu erkennen ist.

Hervorzuheben ist, dass der saaleglaziale Hauptgrundwasserleiter durch einen flächenhaft ausgebildeten weichselglazialen Geschiebemergel bedeckt ist und in Teilbereichen zusammen mit dem jüngeren saaleglazialen Geschiebemergel eine geologische Barriere mit Mächtigkeiten von im Mittel 9,9 m bis zu max. 21,7 m bildet. Diese geologische Barriere weist jedoch lokal erosionsbedingte Schwächezonen auf. Lokal ist die Mächtigkeit auf reichlich 5 m reduziert. Zudem erfüllt die mittlere Durchlässigkeit von $4,2 \cdot 10^{-7}$ bis $9,1 \cdot 10^{-8}$ m/s nicht die Anforderungen an eine geologische Barriere im Sinne der DepV. Ein Eintrag von Deponie-gebürtigen Stoffen in den Grundwasserleiter hat über die Jahrzehnte des Deponiebetriebes ohne eine zusätzliche Basisabdichtung oder zwischenzeitlich errichtete Oberflächenabdichtung stattgefunden. Eine Gefährdung des Grundwassers ist demnach nicht abzustreiten.

Trotz der eingeschränkten Funktion des oberen Geschiebemergels als geologische Barriere kann der Deponiestandort unter der Prämisse einer Ertüchtigung der Basisabdichtung sowie einer fortwährenden Grundwasserabstromsicherung als sicher angesehen werden. Die Grundwasserabstromsicherung ist so lange zu betreiben, wie im Grundwasser gefahrenrelevante LCKW Belastungen auftreten und solange der Zutritt von Sickerwasser aus dem Deponiekörper bei fehlender Basisabdichtung oder Oberflächenabdichtung nicht ausgeschlossen werden kann.

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

Um eine Größe für den zu erwartenden höchsten Grundwasserstand (zeHGW) abzuleiten, wurden fast 40-jährige Zeitreihen des Grundwasserstandes ausgewertet. Als zeHGW ist für den Standort und die weitere Planung aus Gutachtersicht eine Grundwasserhöhe von 36,00 mNHN anzusetzen. Dieser Wert ist aufgrund von festgestellten Extremwerten im Jahr 2013 gegenüber dem letzten Geologisch-Hydrogeologischen Gutachten der GCI (2001) um 50 cm nach oben korrigiert, enthält aber unter Berücksichtigung der Gesamtschwankungsbreite aus gutachterlicher Sicht eine ausreichende Sicherheit.

11 Literatur

- [1] BGI GmbH (07/2006): Durchführung eines Bodenluftabsaugversuches auf der Sonderabfalldeponie Röthehof – Ergebnisbericht, 20.07.2006
- [2] Brunnenbaufirma Heinz Baumgardt im Auftrag des VEB Deponie Potsdam (1980): Erweiterung des Grundwassermessnetzes 1980, Schichtenverzeichnisse und Materialabrechnung im Archiv der MEAB (nicht vorliegend)
- [3] Brandenburger Brunnenbau GmbH / Kobert&Partner GmbH (2009): Errichtung von 3 Sanierungsbrunnen für die hydraulische Abstomsicherung, Januar / Februar 2009
- [4] Brandenburger Brunnenbau GmbH (2010): Errichtung von 3 Infiltrationsbrunnen für die hydraulische Abstomsicherung, 18.06.2017
- [5] Dames & Moore International (1991): Akute Gefährdungsabschätzung der Schadstoffdeponie Röthehof, März 1991 (nicht vorliegend)
- [6] Daus-Schüller Brunnenbau GmbH (2022): Errichtung von Grundwassermessstellen sowie neuen Sanierungsbrunnen im Zuge der Anpassung der hydraulischen Abstomsicherung
- [7] Dr.-Ing. Steffen Ingenieurgesellschaft mbH (1994): Baugrundgutachten und Geologisch - hydrogeologische Untersuchungen für die Sonderabfalldeponie Röthehof, September 1994, (nicht vorliegend)
- [8] GCI GmbH (1997): Hydrogeologisches Gutachten zur Umweltverträglichkeitsuntersuchung für die Sonderabfalldeponie Röthehof, 31.12.1997 (Bericht ohne Anlagen)
- [9] GCI GmbH (2001): Geologisch-hydrogeologisches Gutachten für das Planfeststellungsverfahren der Sonderabfalldeponie Röthehof, 18.07.2001

Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02

- [10] GCI GmbH (2005): Sonderabfalldeponie Röthehof - Ergebnisse der ergänzenden geotechnischen Untersuchungen der geologischen Barriere im Bereich der geplanten Basisabdichtung, 27.01.2005
- [11] GCI GmbH (2005): Sonderabfalldeponie Röthehof - Errichtung eines repräsentativen Grundwassermessnetzes für den Abstrombereich der Deponie, Geologisch-technische Dokumentation der Messstellen, 16.12.2005
- [12] GCI GmbH (2006): Sonderabfalldeponie Röthehof - Ergebnisbericht zum Pumpversuch 2006, 28.09.2006
- [13] IGH (2016): Deponie Röthehof Oberflächenabdichtung - Ermittlung von Wasserdurchlässigkeitsbeiwerten für das geplante Versickerungsbecken, Vorabzug, 03.02.2016
- [14] Ingenieurbüro R.W. Ashauer und Partner GmbH (1994): Errichtung von 20 Flachmessstellen und Errichtung Ersatzpegel / Plombierung Pegel 5, Kurzdokumentation der Baumaßnahme, Oktober 1994, (nicht vorliegend)
- [15] Ingenieurbüro R.W. Ashauer und Partner GmbH (1997): Ergänzung des Grundwassermessnetzes Februar bis Mai 1997, Primardokumentation im Archiv der MEAB, (nicht vorliegend)
- [16] Land Brandenburg: Klimawandel im Land Brandenburg deutlich messbar, website: <https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/aufgaben/klima/klimawandel/klimawandel-deutlich-messbar/>, Zugriff 10.10.2023
- [17] MEAB mbH (2005): Lokalisierung der LHKW Schadensquellen im Deponiekörper (Abfallrecherche), 18.01.2005
- [18] pedo tec GmbH (2006): Kurzbericht über Wasserhaushaltsbetrachtungen für die vorhandene Abdeckung der SAD Röthehof zur Ermittlung der Versickerung des Niederschlags in den Deponiekörper, Mai 2006
- [19] Prabel, Wedde: Geologisch-Hydrogeologischer Ergebnisbericht zur Erschließung des Standortes Röthehof / Kreis Nauen für die schadlose Beseitigung noch nicht nutzbarer und toxischer Abprodukte im Bezirk Potsdam - Rat des Bezirks Potsdam, Abt. Geologie, 18.12.1978, (nicht vorliegend)
- [20] SBU - Schwedter Brunnenbau GmbH (2012): Errichtung eines weiteren Infiltrationsbrunnens (SB3) für die hydraulische Abstromsicherung, 25.05.2012

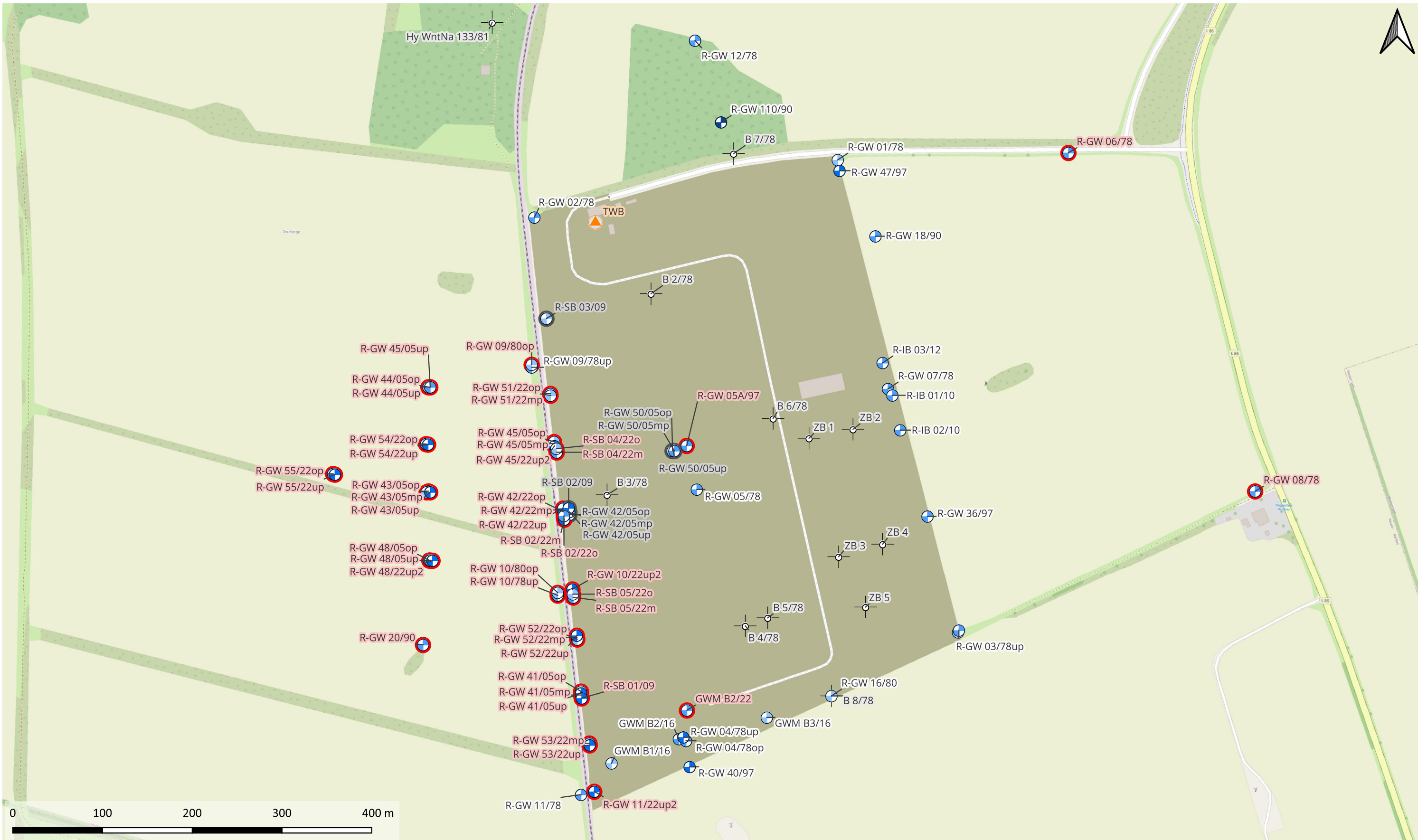
Unser Zeichen R031-1414741ESO-V02



- [21] TAUW GmbH (2007): Planungsleistungen zur Sicherung und Sanierung des LHKW-Schadens auf der SAD Röthehof, Grundlagenermittlung und ergänzende Sanierungsuntersuchung, 30.10.2007
- [22] TAUW GmbH (2017): Genehmigungsplanung zur Anpassung der Grundwasserabstromsicherung SAD Röthehof, 11.12.2017
- [23] TAUW GmbH (2023): SAD Röthehof, Jahresbericht zur Grundwassersicherung 2022, 21.03.2023
- [24] WAH - Wasser- und Abwasserverband Havelland (2023): Mündliche Mitteilungen zur Bewilligung der Grundwasserförderung (Anfrage TAUW September / Oktober 2023)

Anlage 1

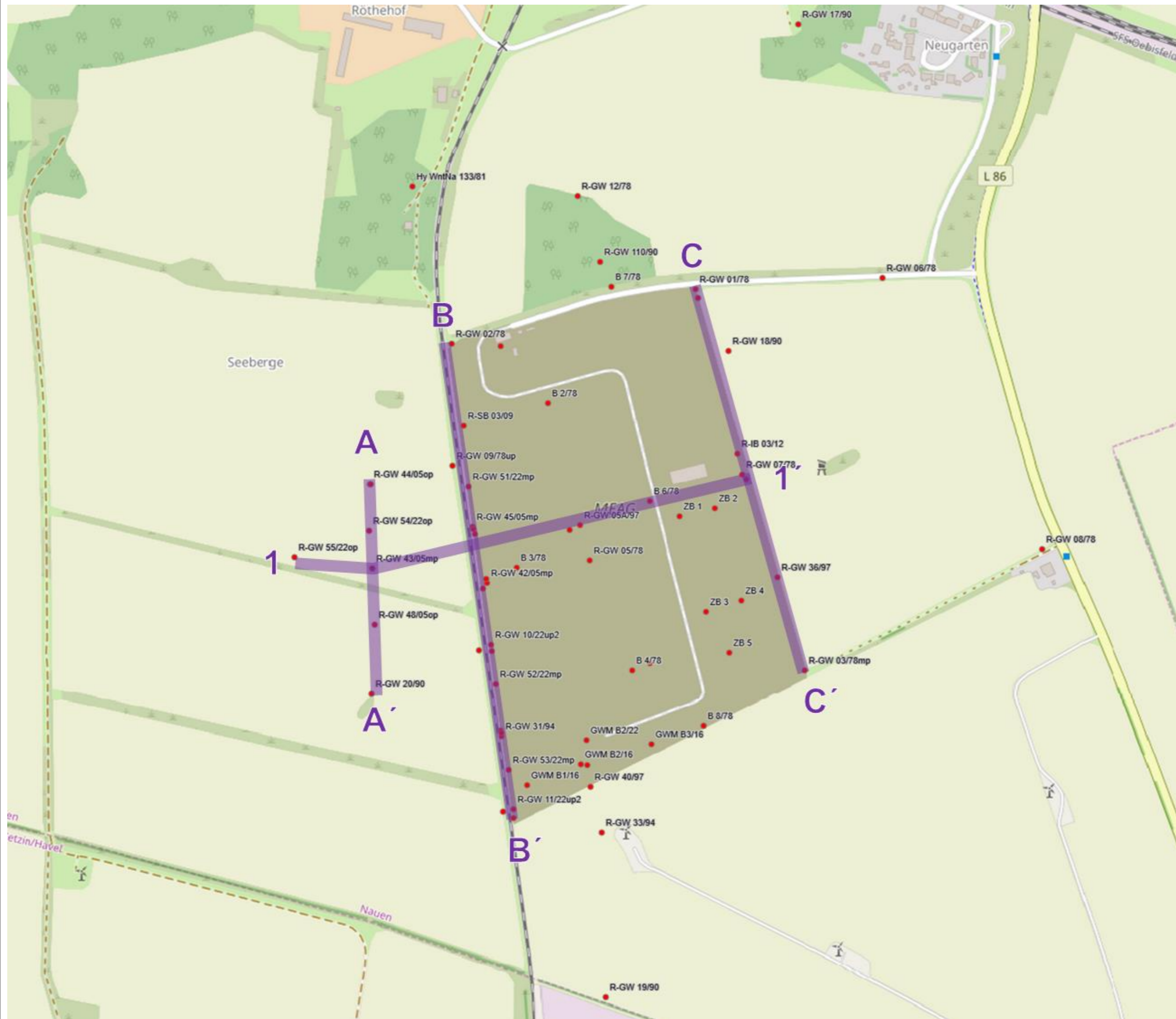
Lagepläne

Y:\DEBER1\P\1414741_MEAB\99_Arbeitsunterlagen\10_OGIS\Lageplan.ggz

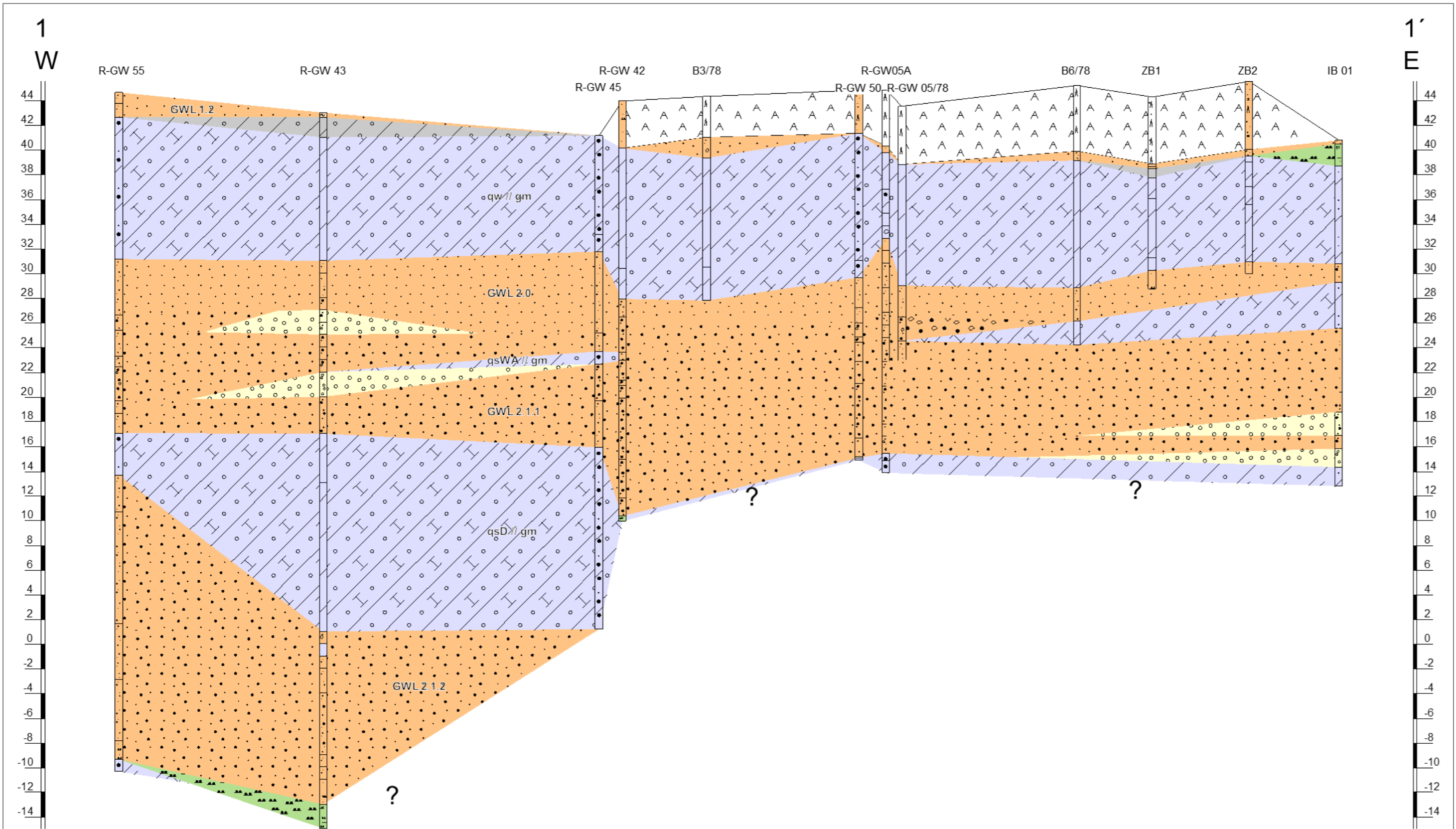


Grundwassermessstellen ● GWL 1.2 ● GWL 2.0 ● GWL 2.1.1 ● GWL 2.1.2 ● GWL 3.0	Status ● im aktuellen GW-Monitoring ● rückgebaut	Erkundungsbohrungen ⊕ Erkundungsbohrung ▲ Trinkwasserbrunnen	Datum:	Name:	Maßstab: 1:4.000	Blattgröße: 420 x 297 (A3)	
			Bearbeitung:	12.10.2023	eso	Projekt:	Deponie Röthehof - Ertüchtigung und Erweiterung der SAD Röthehof um einen Deponieabschnitt der Deponieklasse III
			Geprüft:	12.10.2023	KDI	Bericht:	Geologisch-Hydrogeologischer Fachbeitrag
			Auftraggeber:	  TAUW GmbH www.tauw.de info@tauw.de		Anlagentitel:	Lageplan
			Koordinatensystem:	ETRS89 / UTM zone 33N (EPSG:25833)		Proj.-Nr.:	1414741
			Grundlage:	OSM		Version:	01
						Anlage:	1

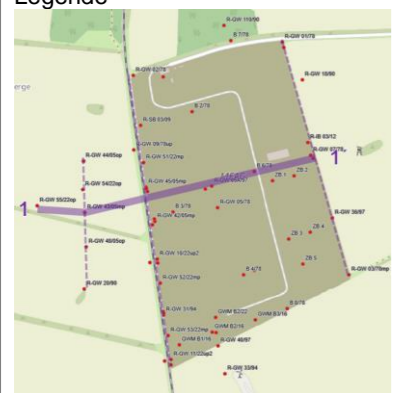
Anlage 2**Geologische Profile**



Legende	
●	Bohrungen
—	Schnittspur
Proj. No.:	1414741
Karten Ref.:	GeODin
Maßstab:	ohne
Bearbeitung:	ESO
Geprüft:	KDI
Projekt	SAD Rötthof, Geologisch-Hydrogeologischer Fachbeitrag
Plan	Schnittlinien der geologische Profilschnitte
Auftraggeber:	MEAB <small>Mikro-Entwicklungs-AG</small>
Auftragnehmer:	TAUW
Anlage	2-1

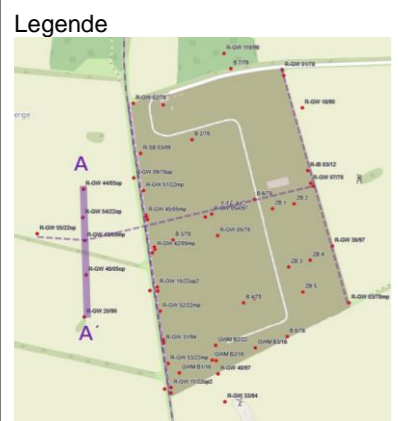
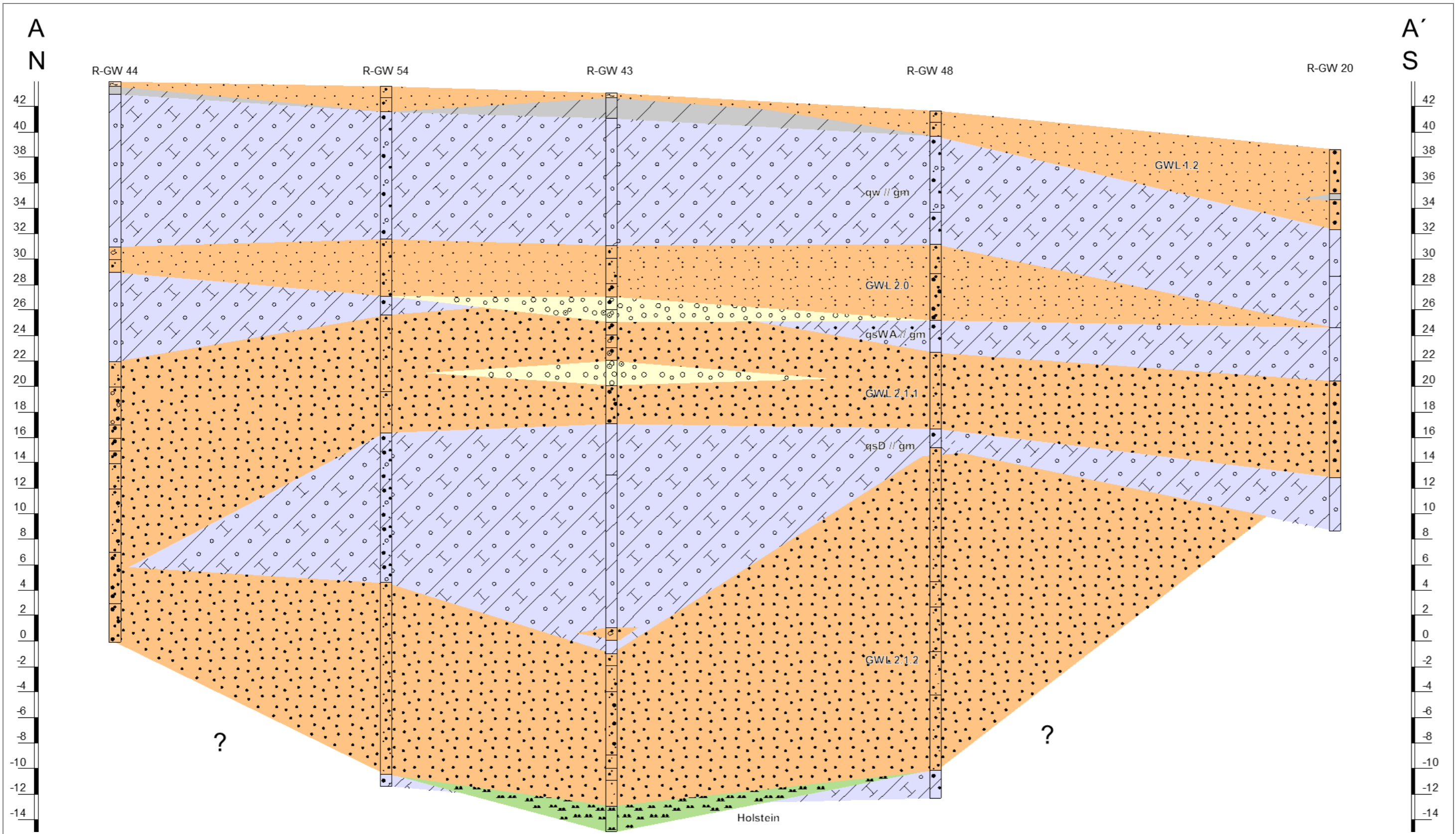


Legende



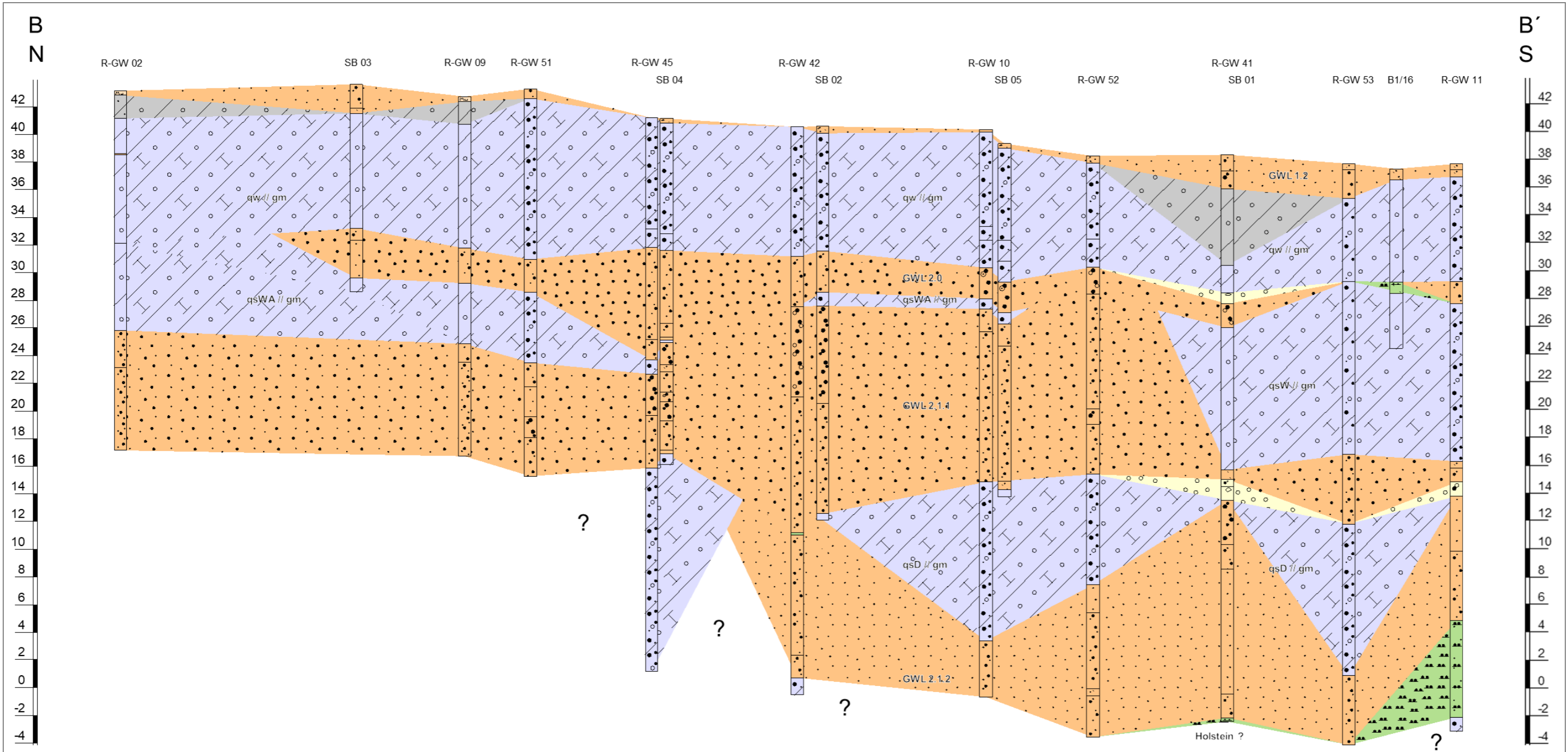
	künstliches Material, Auffüllung		Schluff		Geschiebelehm
	Sand		Ton		Geschiebemergel
	Kies				

Proj. No.:	1414741	Projekt	SAD Röthehof, Geologisch-Hydrogeologischer Fachbeitrag
Bearbeitung:	ESO	Plan	Längsprofil 1 – 1' in Grundwasserfließrichtung
Geprüft:	KDI	Auftraggeber:	
Maßstab:	ohne	Auftragnehmer:	
Karten Ref.:	entfällt	Anlage	2-2



Legende	
	künstliches Material, Auffüllung
	Sand
	Kies
	Schluff
	Ton
	Geschiebelehm
	Geschiebemergel

Proj. No.:	1414741	Projekt	SAD Röthehof, Geologisch-Hydrogeologischer Fachbeitrag
Bearbeitung:	ESO	Plan	Querprofil A – A' Abstrom West
Geprüft:	KDI	Auftraggeber:	
Maßstab:	ohne	Auftragnehmer:	
Karten Ref.:	entfällt	Anlage	2-3

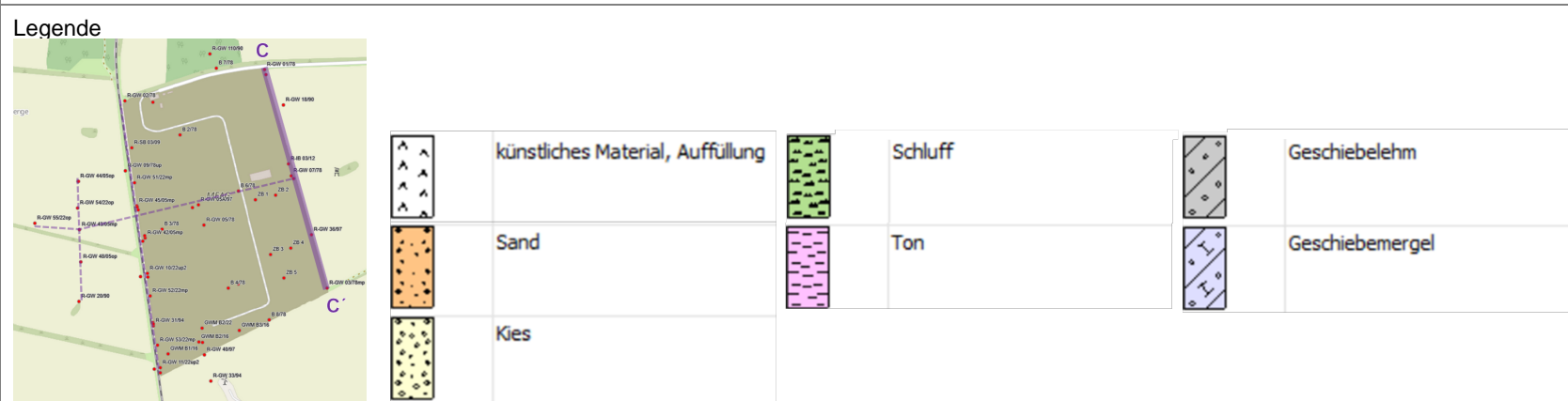
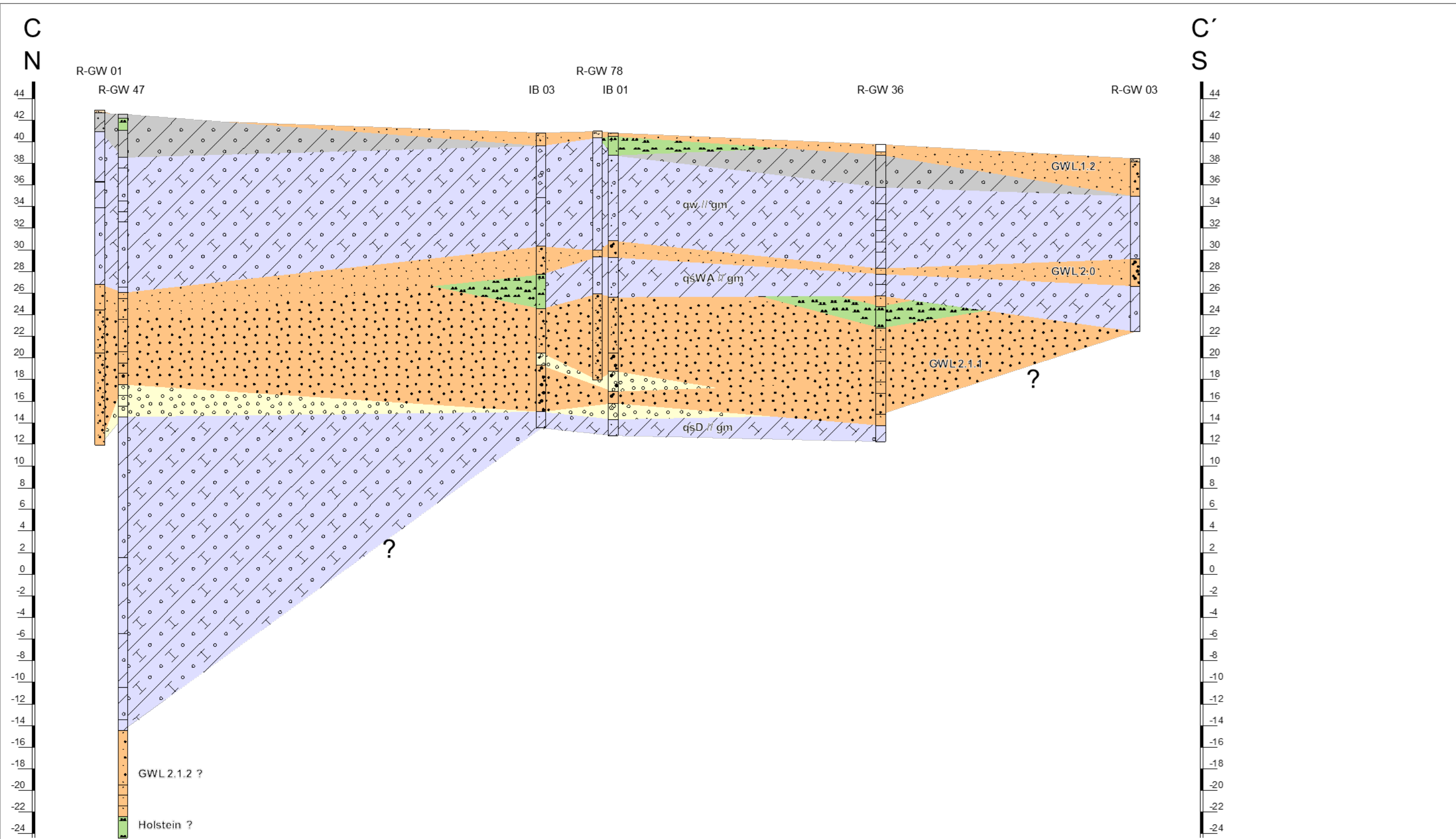


Legende



	künstliches Material, Auffüllung		Schluff		Geschiebelehm
	Sand		Ton		Geschiebemergel
	Kies				

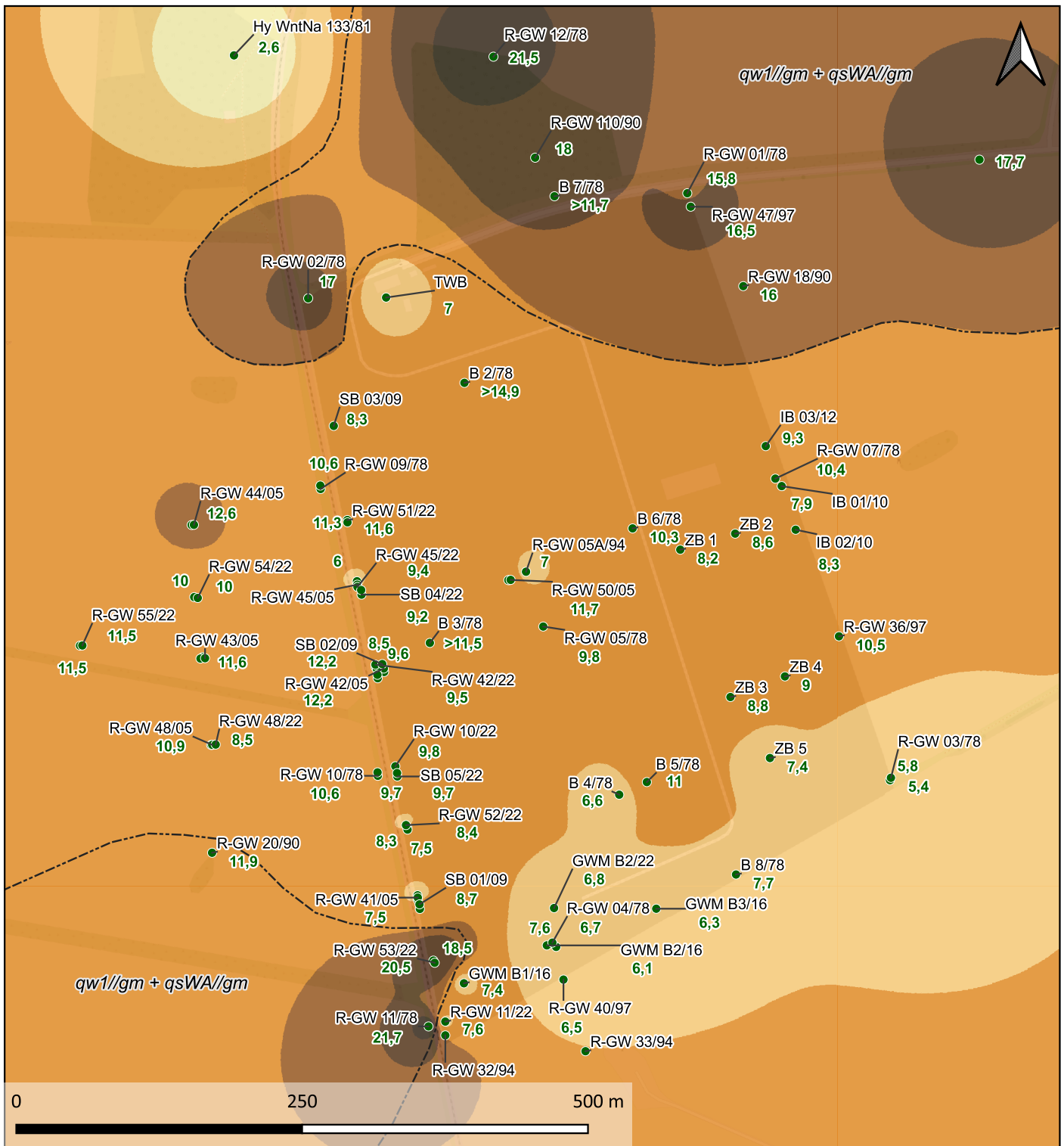
Proj. No.:	1414741	Projekt	SAD Röthehof, Geologisch-Hydrogeologischer Fachbeitrag
Bearbeitung:	ESO	Plan	Querprofil B – B' Westlicher Deponierand
Geprüft:	KDI	Auftraggeber:	
Maßstab:	ohne	Auftragnehmer:	
Karten Ref.:	entfällt	Anlage	2-4





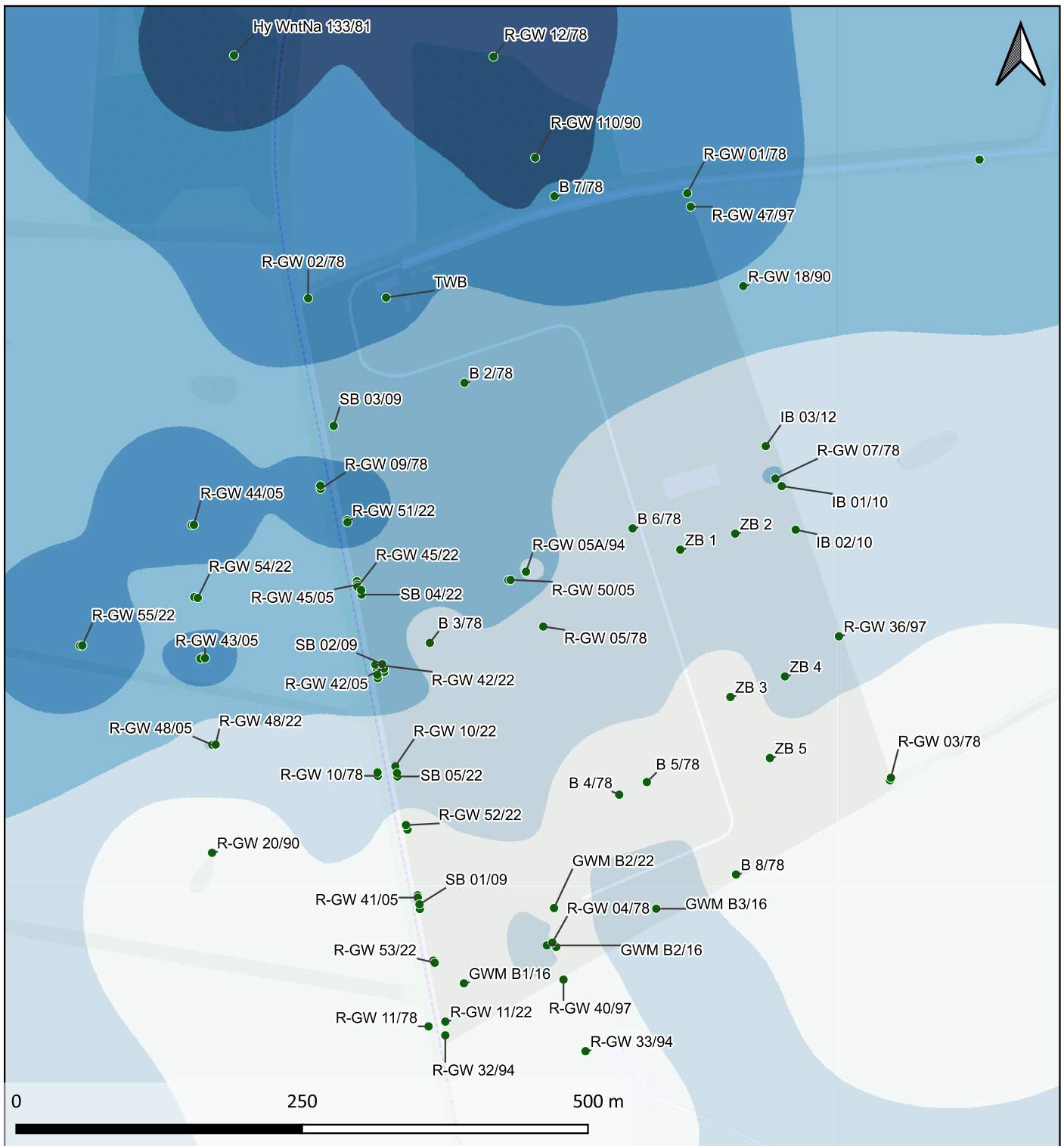
Proj. No.:	1414741
Bearbeitung:	ESO
Geprüft:	KDI
Maßstab:	ohne
Karten Ref.:	entfällt

Projekt	SAD Röthehof, Geologisch-Hydrogeologischer Fachbeitrag
Plan	Querprofil C – C'
Auftraggeber:	
Auftragnehmer:	
Anlage	2-5

Anlage 3**Verbreitung und Mächtigkeit der
geologischen Barriere**

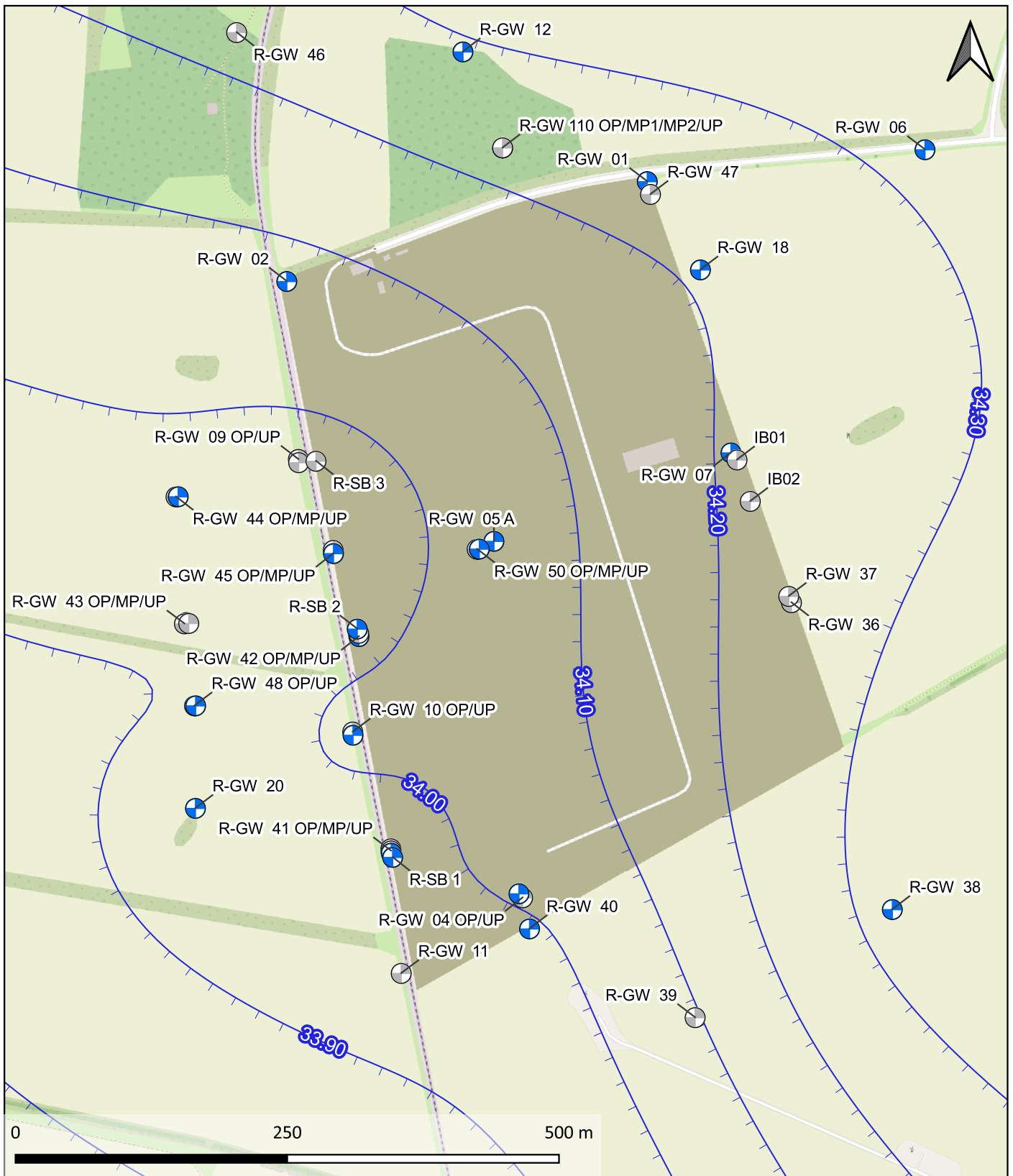


Mächtigkeit der geol. Barriere (m) - - - - Geol. Barriere durch $qw1/gm + qsWA/gm$ gebildet ● Grundwassermessstelle / Bohrung mit Mächtigkeit der geol. Barriere [m]					
≤ 4,0 4,0 - 8,0 8,0 - 12,0 12,0 - 16,0 16,0 - 20,0 > 20,0					
Datum:	Name:	Maßstab:	1:5.000	Blattgröße:	210 x 297 (A4)
Bearbeitung:	18.10.2023	LES	Projekt:		
Geprüft:	18.10.2023	KDI	Deponie Röthehof - Ertüchtigung und Erweiterung der SAD Röthehof um einen Deponieabschnitt der Deponieklasse III		
Auftraggeber:	 <small>Märkische Entsorgungsgemeinschaft - Betriebsgesellschaft mbH</small>		Bericht:		
 <small>TAUW GmbH www.tauw.de info@tauw.de</small>		Anlagentitel:			
Koordinatensystem:		ETRS89 / UTM zone 33N (EPSG:25833)			
Grundlage:		OSM		Proj.-Nr.:	1414741
		Version:	01	Anlage:	3.1



Oberkante der geol. Barriere (m ü. NHN)		● Grundwassermessstelle / Bohrung	
	<= 38,0		
	38,0 - 40,0		
	40,0 - 42,0		
	42,0 - 44,0		
	> 44,0		
Datum:	18.10.2023	Name:	LES
Bearbeitung:	18.10.2023	Geprüft:	KDI
Auftraggeber: MEAB <small>Märkische Entsorgungsmärkten- Betriebsgesellschaft mbH</small>		Maßstab: 1:5.000 Blattgröße: 210 x 297 (A4)	
 TAUW GmbH www.tauw.de info@tauw.de		Projekt: Deponie Röthehof - Ertüchtigung und Erweiterung der SAD Röthehof um einen Deponieabschnitt der Deponieklasse III Bericht: Geologisch-Hydrogeologischer Fachbeitrag	
Anlagentitel: Bohrungen und angetroffene Oberkante der geol. Barriere (m ü. NHN)			
Koordinatensystem:	ETRS89 / UTM zone 33N (EPSG:25833)		
Grundlage:	OSM	Proj.-Nr.:	1414741
		Version:	01
		Anlage:	3.2

Anlage 4**Grundwassergleichenpläne**





Grundwassermessstelle (zur Interpolation herangezogen)

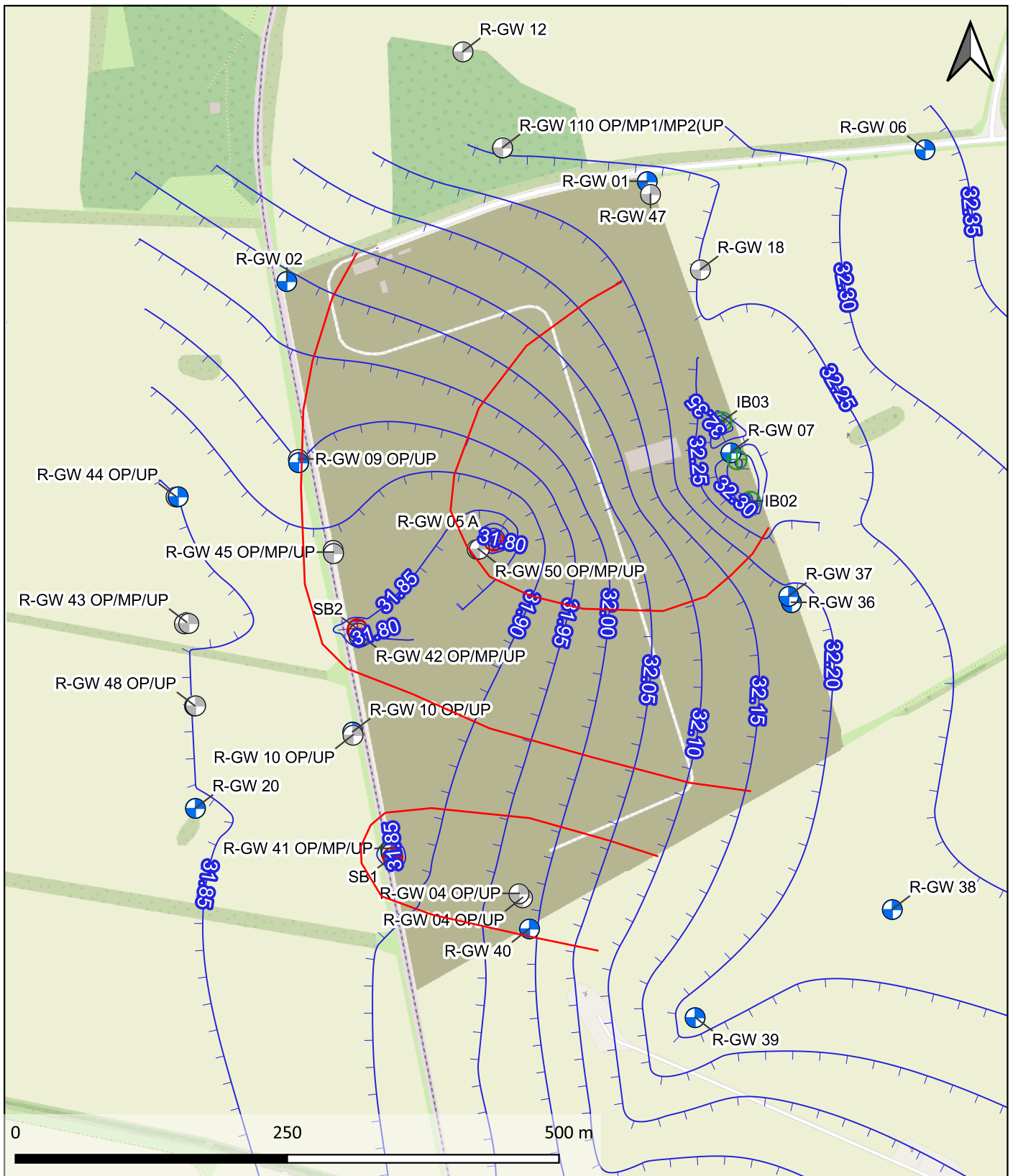


Grundwassermessstelle (nicht zur Interpolation herangezogen)



Hydroisohypsen Mai 2010

	Datum:	Name:	Maßstab: 1:5.000	Blattgröße: 210 x 297 (A4)
Bearbeitung:	14.11.2023	LES	Projekt: Deponie Röthehof - Ertüchtigung und Erweiterung der SAD Röthehof um einen Deponieabschnitt der Deponieklasse III	
Geprüft:	14.11.2023	KDI		
Auftraggeber:			Bericht: Geologisch-Hydrogeologischer Fachbeitrag	
			Anlagentitel: Grundwassergleichenplan Mai 2010	
Koordinatensystem:	ETRS89 / UTM zone 33N (EPSG:25833)			
Grundlage:	OSM	Proj.-Nr.: 1414741	Version: 01	Anlage: 4.1



	Grundwassermessstelle (zur Interpolation herangezogen)		Infiltrationsbrunnen		Hydroisohypsen Mai 2022
	Grundwassermessstelle (nicht zur Interpolation herangezogen)		Förderbrunnen		Brunnen Einzugsgebiete

	Datum:	Name:	Maßstab:	1:5.000	Blattgröße:	210 x 297 (A4)	
Bearbeitung:	14.11.2023	LES	Projekt:	Deponie Röthehof - Ertüchtigung und Erweiterung der SAD Röthehof um einen Deponieabschnitt der Deponieklasse III			
Geprüft:	14.11.2023	KDI	Report:	Geologisch-Hydrogeologischer Fachbeitrag			
Auftraggeber:			Anlagentitel:	Grundwassergleichenplan Mai 2022			
				TAUW GmbH www.tauw.de info@tauw.de			
Koordinatensystem:	ETRS89 / UTM zone 33N (EPSG:25833)						
Grundlage:	OSM	Proj.-Nr.:	1414741	Version:	01	Anlage:	4.2