# Errichtung und Betrieb von Photovoltaik-Anlagen auf einem Moorstandort in Varel-Tange

## - Moorschutzkonzept -

**Tangermoorweg, Stadt Varel**

**Landkreis Friesland**

---


Auftraggeber: PV-Anlage Tangermoorweg GmbH
Tangermehdenweg 1
26316 Varel

Auftragnehmer: INGENIEURBÜRO LINNEMANN
BODEN | WASSER | ABFALL | TIEFBAU | ERSCHLIESSUNG

Dr.-Munderloh-Str. 7, 27798 Hude-Wüsting
Tel. 04484 / 92002-0

www.buero-linnemann.de

Bearbeitung: Anna Wilbers (M. Sc.)
Christian Bünte (B. Sc.)
Ulf Linnemann (Dipl.-Geologe)


Projektnummer: 2749

Hude-Wüsting, April 2023

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1 Veranlassung ..... 1
2 Verwendete Quellen und Unterlagen ..... 1
3 PV-Freiflächenanlagen auf Moorstandorten – Allgemeiner Überblick ..... 2
3.1 Rechtlicher Rahmen ..... 2
3.2 Wiedervernässung von Moorböden mit PV-Anlagennutzung ..... 2
3.3 Wiedervernässungsmaßnahmen ..... 4
4 Projekt- und Gebietsbeschreibung ..... 4
4.1 Standortbeschreibung des Untersuchungsgebiets ..... 4
4.2 Beschreibung des Vorhabens [2] ..... 5
4.3 Langjährige Grundwasserstandsentwicklung im Projektgebiet ..... 6
5 Untersuchungskonzept und Methoden ..... 8
5.1 Aufnahme der hydrologischen Verhältnisse ..... 8
5.2 Bodenstratigraphische Erfassung ..... 9
5.3 Bau von Torfwassermessstellen ..... 9
5.4 Abstichmessungen in vorhandenen Messstellen ..... 9
6 Ergebnisse ..... 10
6.1 Vorbemerkung ..... 10
6.1 Hydrographische Verhältnisse ..... 10
6.2 Moorkartierung ..... 12
6.3 Wasserstandsentwicklung ..... 14
7 Wiedervernässungspotential des Moores ..... 16
8 Mögliche Vernässungsmaßnahmen ..... 20
9 Monitoring über den Zeitraum des Anlagenbetriebs ..... 22
10 Zusammenfassung und Empfehlung ..... 23
11 Literaturverzeichnis ..... 26

# ANHANG

## Anlagen

| | |
|---|---|
| **Anlage 1** | Lage des Untersuchungsgebiets; M = 1:100.000 |
| **Anlage 2** | Ausdehnung des Plangebiets; M = 1:5.000 |
| **Anlage 3** | DGM1 des Plangebiets; M = 1:5.000 |
| **Anlage 4** | Lage der Bohrungen und Messstellen; M = 1:5.000 |
| **Anlage 5.1** | Bohrprofile der Bohrungen und Torfwassermessstellen |
| **Anlage 5.2** | Bohrprofile der bereits bestehenden Bohrungen |
| **Anlage 6** | Vorfluterverhältnisse im Plangebiet; M = 1:5.000 |
| **Anlage 7** | Moorverteilung im Plangebiet; M = 1:5.000 |
| **Anlage 8.1–8.8** | Geologische Schnitte A–H |
| **Anlage 9.1** | Ganglinien der Torfwasserstände im Plangebiet (Dezember 2022–Januar 2023) |
| **Anlage 9.2** | Ganglinien der Grundwasserstände im Plangebiet (2017–2023) |
| **Anlage 10.1** | Torfwassergleichenplan (08.12.2022/16.01.2023); M = 1:5.000 |
| **Anlage 10.2** | Grundwassergleichenplan (08.12.2022/24.01.2023); M = 1:5.000 |
| **Anlage 11** | Potentialbereiche für die Wiedervernässung im Plangebiet; M = 1:5.000 |
| **Anlage 12** | Wiedervernässungsmaßnahmen im Plangebiet; M = 1:5.000 |
| **Anlage 13.1** | Längsprofil des Twickelser Grabens (Bemessungswasserstand vom 10.10.2023) |
| **Anlage 13.2** | Schnittdarstellung Twickelser Graben und Seitengräben (Bemessungswasserstand vom 10.01.2023) |

## Tabellen

| | |
|---|---|
| **Tabelle A1** | Wasserstandsmessungen im Plangebiet |

# 1 VERANLASSUNG

Die PV-Anlage Tangermoorweg GmbH plant auf einer Fläche von ca. 47 ha die Errichtung und den Betrieb von freistehenden, auf Modultischen aufgeständerten Photovoltaikanlagen auf einem in der Stadt Varel gelegenen Moorstandort (Bebauungsplan 256). Gemäß dem EEG 2023 ist die Errichtung von Solaranlagen auf Moorflächen nur dann förderfähig, wenn damit eine dauerhafte Wiedervernässung der Flächen einhergeht. Ziel sollte eine Anhebung der Wasserstände bis knapp unterhalb der Torfoberfläche oder darüber sein. Dabei sind Mindestwasserstände von 0,1 m u. GOK im Winter und 0,3 m u. GOK im Sommer anzustreben.

Bei den hier betrachteten Flächen handelt es sich um entwässerte Moorflächen, die landwirtschaftlich als Grünland genutzt werden. Zum Teil wurde der Torfkörper anthropogen mit einer geringmächtigen Kleischicht überdeckt. Aufgrund der Nutzungsgeschichte und der entwässerungsbedingten Torfsetzung und -zehrung weist das Gelände teilweise starke Höhenunterschiede auf.

Um zu ermitteln, ob und wie eine dauerhafte Wasserstandsanhebung im Plangebiet umgesetzt werden kann, wurde die hydrologische Situation (Verlauf der Vorfluter, Fließrichtungen) aufgenommen sowie die Torfverteilung erfasst. Anhand der gesammelten Informationen soll ein Wiedervernässungs- und Moorschutzkonzept aufgestellt werden.

Der Ergebnisbericht zur Untersuchung der Wiedervernässbarkeit des Moores sowie das Maßnahmenkonzept werden hiermit vorgelegt.

# 2 VERWENDETE QUELLEN UND UNTERLAGEN

Folgende Unterlagen wurden für diesen Bericht verwendet:

[1] NIBIS (2021): Niedersächsisches Bodeninformationssystem. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover.

[2] Boner & Partner (2022): Bebauungsplan Nr. 256 „Photovoltaik-Freiflächenanlage am Tangermoorweg“ mit örtlichen Bauvorschriften über die Gestaltung gemäß § 84 Abs. 3 NBauO – Begründung Vorentwurf.

[3] Sponagel H., Grottenthaler W., Hartmann K.-J., Hartwich R., Janetzko P., Joisten H., Kühn D., Sabel K.-J., Traidl R. (2005): Bodenkundliche

Kartieranleitung. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffen in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten.

# 3 PV-FREIFLÄCHENANLAGEN AUF MOORSTANDORTEN – ALLGEMEINER ÜBERBLICK

## 3.1 Rechtlicher Rahmen

Die Errichtung von Photovoltaik-Anlagen (PVA) auf entwässerten und landwirtschaftlich genutzten Moorböden stellt bei vorangegangener Wiedervernässung des Moorbodens gemäß des Informationspapiers des Greifswalder Moor Centrums (2022) und KNE (2022) sektorenübergreifend eine große Chance zum Klimaschutz dar und ist durch das Inkrafttreten der jüngsten Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) ab Januar 2023 förderfähig – unter der Voraussetzung, dass die Moorflächen dauerhaft wiedervernässt werden (§ 37 Abs. 1 Nr. 3 lit. e) EEG).

Der Gesetzgeber nimmt im EEG 2023 keine Definition des Begriffs Moorböden vor und verweist auf die im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der EU zu erstellende Flächenkulisse: Moorböden enthalten mind. 7,5 % org. Bodenkohlenstoff oder mind. 15 % org. Bodensubstanz in einer Bodenschicht von 10 cm Mächtigkeit innerhalb der obersten 40 cm des Profils (§ 11 Abs. 2 GAP, § 11 Abs. 3 GAP).

Entsprechend der Begründung zum EEG 2023 sollen mit Maßnahmen zur Wiedervernässung Mindestwasserstände von 10 cm u. GOK im Winter und 30 cm u. GOK im Sommer erreicht werden.

## 3.2 Wiedervernässung von Moorböden mit PV-Anlagennutzung

Da im Zuge der Wiedervernässung zahlreiche rechtliche Vorgaben zu beachten sind, wurden von Tiemeyer et al. (2017) und Graf et al. (2022) Empfehlungen ausgearbeitet, die Aspekte einer erfolgreichen Wiedervernässung zusammenfassen. So gilt es bei der Ermittlung und Auswertung von Ausgangsbedingungen und Restaurierungspotentialen des Moores neben den Bodeneigenschaften auch die Vegetation sowie die hydrologischen Eigenschaften der Moorfläche, vor allem im Hinblick auf die Kombination mit PV-Anlagen, zu berücksichtigen. Von besonderem Interesse ist dabei die Auswirkung der PV-Module auf den Bodenwasserhaushalt, speziell während der Trockenperioden.

Das Vorhandensein und die Anordnung der PV-Module verändert die Verteilung von Niederschlag, Verdunstung, Temperatur und Strahlung an der Bodenoberfläche (Armstrong et al., 2016). Da die Anlage einen Teil der einfallenden Strahlung in Strom umwandelt, steht weniger Energie für die Evapotranspiration zur Verfügung – ein besonders in den Sommermonaten dominanter Prozess. Erste Ergebnisse von Messungen zur Bodenfeuchte weisen unter PV-Modulen eine verringerte Verdunstung auf als auf der Referenzfläche ohne PV-Module (Feistel und Werisch, 2022). Dadurch nimmt gleichzeitig der Abfluss (Oberflächenabfluss oder Grundwasserneubildung) zu. Studien konnten nachweisen, dass die verbleibende Strahlung bei vertikalen oder aufgeständerten Anlagen noch für die Photosynthese ausreicht, wodurch es zu Ertragszuwächsen bei den Pflanzen kommen kann (weniger Evaporation bei gleicher Photosyntheseleistung) (Goetzberger, 1981; Goetzberger und Zastrow, 1982; Dinesh, 2016; Dupraz, 2011). Dennoch besteht bei der Anordnung der PV-Module bzgl. des Lichteinfalls ein grundsätzlicher Zielkonflikt zwischen der Verringerung der Evapotranspiration und dem Ausbau und Erhalt torfschützender Vegetation, der bei der Optimierung der PV-Modulanordnung auf Moorflächen berücksichtigt werden muss.

Ein weiterer Effekt der PV-Nutzung auf Freiflächen ist der sich ansammelnde Niederschlag an der Tropfkante der PV-Module. Diese Konzentration begünstigt die Infiltration, Versickerung und Grundwasserneubildung direkt unter der Tropfkante und ist speziell in den Wintermonaten ein dominanter Prozess. Unter den Modultischen versickert dahingegen so gut wie kein Regenwasser mehr, was lokal zu einer Austrocknung der Böden führen könnte. Allerdings ergaben Studien, dass unter den Modulen kühlere Bodentemperaturen und eine höhere Bodenfeuchtigkeit herrschen als in den Modulreihen (Schlegel, 2021). Des Weiteren kann es im Abtropfbereich zur Bodenerosion kommen, wobei diese Problematik bei Grünlandnutzung als eher gering einzustufen ist (Helbing et al., 2022). Dennoch sollte die Anordnung der PV-Module so erfolgen, dass eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Niederschlags gewährleistet wird (Helbing et al., 2022).

Abschließend ist darauf hinzuweisen, dass ein enormer Erprobungs- und Forschungsbedarf in der PV-Nutzung auf Moorböden in Verbindung mit Torferhalt besteht. Durch das stark steigende Interesse an Moor-PV-Anlagen seitens der Grundeigentümer wird diesem Bedarf zusätzlicher Handlungsdruck verliehen. Neben ersten kleineren Pilotprojekten (seit 2020) ist der Bau von PV-Anlagen in Kombination mit einer Wiedervernässung in Deutschland bisher nicht erprobt. Dementsprechend gilt

es, sowohl die Auswirkungen der Wiedervernässung auf die technischen Anlagen als auch die Effekte der PV-Anlage auf den Moorstandort hinsichtlich Gasflüssen, Biodiversität und Wasserhaushalt langfristig zu überwachen.

### 3.3 Wiedervernässungsmaßnahmen

Gängige Umsetzungsmaßnahmen der Wiedervernässung sind Grabenverschluss oder -verfüllung, Dammbau, Torfabschieben bzw. Oberbodenabtrag sowie bei Bedarf Vertiefungen auf hoch gelegenen Flächen. Dabei gilt es, den durch Bodenaushub anfallenden Torf nicht der Oxidation preiszugeben, sondern diesen effektiv und konservierend zu speichern. Eine Möglichkeit besteht in der Nutzung des Torfs zum Verfüllen von Gräben. Ist die Wasserleitfähigkeit des Torfkörpers bereits stark reduziert, können ausgehend von vorhandenen Gräben Schlitze gezogen werden, über die das Wasser besser in die Fläche eindringen kann (Siuda und Thiele, 2010). Hinzu kommt die Entfernung von Drainagen, das Einrichten von Pufferzonen und die Zuwässerung sowie das Einbringen moortypischer Arten.

## 4 PROJEKT- UND GEBIETSBESCHREIBUNG

### 4.1 Standortbeschreibung des Untersuchungsgebiets

Das Untersuchungsgebiet liegt südwestlich des Jadebusens in der Stadt Varel. Die genaue Lage ist auf der **Anlage 1** dargestellt.

Der Geltungsbereich des B-Plans umfasst zwei Teilbereiche, die durch den Verlauf einer Bahnstrecke voneinander getrennt sind. Zusätzlich schließt sich im Nordosten ein 6,6 ha großes Gebiet an, das als Pufferfläche fungieren soll. Im Westen des Geltungsbereichs befindet sich der bereits seit 2010 bestehende B-Plan Nr. 196 „Freiflächen-Photovoltaikanlage Tange“, der in den hier betrachteten B-Plan Nr. 256 integriert werden soll.

Der Teilbereich 2 wird im Südwesten durch die BAB 29 begrenzt. Zwischen den beiden Teilbereichen verläuft neben der Bahnstrecke der Tangermoorweg. Im Nordwesten führt der Tangermehdenweg am Untersuchungsgebiet entlang. Die genaue Abgrenzung der unterschiedlichen Bereiche ist der **Anlage 2** zu entnehmen.

Nach der Bodenkundlichen Karte 1:50.000 [1] liegt im Zentrum des Teilbereichs 1 ein tiefes Erdniedermoor mit einem mittleren Grundwasserhochstand von 0,35 m u. GOK

und einem mittleren Grundwassertiefstand von 0,7 m u. GOK vor. Im westlichen Randbereich beider Teilbereiche befindet sich ein mittlerer Podsol, der sich ebenfalls in den B-Plan 196 erstreckt. Die südöstlichen Flächen des Teilbereichs 1 sowie ein Großteil des Teilbereichs 2 werden aus einem tiefen Erdhochmoor gebildet.

Die Flächen werden zur Zeit ausschließlich landwirtschaftlich genutzt. Die im Podsol gelegenen Flächen werden als Ackerflächen bewirtschaftet, während der restliche Bereich der Grünlandnutzung unterliegt. Im Teilbereich 1 befindet sich zusätzlich ein kleiner Waldbestand.

Die Entwässerung der Flächen geschieht vor allem über den Twickelser Graben, der das Gebiet von Südwest nach Norden durchzieht und gen Norden entwässert (vgl. **Anlage 2**). Er besitzt eine Länge von ca. 4,5 km und ist dem Einzugsgebiet Ellenserdammer mit Dangaster Tief zuzuordnen. Das gesamte Einzugsgebiet (Einzugsgebiet 4. Unterteilung) umfasst 13,48 km$^2$.

Das Digitale Geländemodell (DGM 1) zeigt, dass das Relief gen Norden abfällt. Die westlich gelegenen Podsolflächen weisen höhere Geländehöhen auf als die Moorflächen. Außerdem ist im Bereich der Moorflächen zu erkennen, dass das Gelände aufgrund der erfolgten Nutzung in tiefer und höher gelegene Bereiche gegliedert ist. Insgesamt variieren die Geländehöhen im Untersuchungsgebiet zwischen ca. 2,6 m NHN und 0,25 m NHN. Die genaue Verteilung der Höhen sowie die daraus abgeleiteten und während der Feldarbeiten verifizierten Fließrichtungen der Vorfluter können der **Anlage 3** entnommen werden.

## 4.2 Beschreibung des Vorhabens [2]

In dem bereits bestehenden B-Plan Nr. 196 sowie in den beiden Teilbereichen ist die Errichtung von PV-Anlagen auf aufgeständerten Modultischen vorgesehen. Die Pufferflächen bleiben frei von einer Bebauung und sollen bei der angestrebten Wasserstandsanhebung dem Schutz der umliegenden Flächen dienen.

Innerhalb des Teilbereichs 1 ist die Verlegung einer Trinkwasserleitung voraussichtlich im Jahr 2023 geplant. Beidseitig dieser Trasse ist ein 4 m breiter Schutzstreifen einzuhalten, der von jeglicher Überbauung freizuhalten ist. Ebenso besteht in einem Abstand von 40 m zur BAB gemessen vom äußeren Rand der befestigten Fahrbahn ein Bebauungsverbot.

Der Baumbestand innerhalb der geplanten Freiflächenanlage wird aus Verschattungsgründen entfernt. Die Bäume entlang der Straßenzüge bleiben jedoch bestehen. Der gesamte Solarpark soll von einer fünfreihigen Strauchhecke eingegrünt werden. Zusätzlich ist eine komplette Einzäunung (Höhe max. 2,0 m; min. 0,15 m Abstand zur GOK) geplant, um den Solarpark vor unbefugtem Zutritt oder Vandalismus zu schützen.

Für sämtliche Anlagen im Plangebiet (Modultische, Technikgebäude) ist eine Höhe zwischen 0,5 m und 4,0 m ü. GOK zulässig. Eine Versiegelung der Flächen ist nur im Bereich der Technikgebäude sowie punktuell durch die Ständer der Modultische vorgesehen.

Während des Betriebs der PV-Freiflächenanlage sollen die Flächen durch Beweidung mit Schafen weiterhin landwirtschaftlich genutzt werden. Nach Auskunft der PV-Anlage Tangermoorweg GmbH soll die Rasse „Weiße Hornlose Heidschnucke“, auch „Moorschnucke“ genannt, zum Einsatz kommen. Aufgrund ihres geringen Köpergewichts eignet sich die Moorschnucke gut für die Landschaftspflege. Da sie auch harte Gräser und jungen Baumwuchs verbeißt, führt die Beweidung durch die Moorschnucke zu einem Offenhalten der Flächen.

## 4.3 Langjährige Grundwasserstandsentwicklung im Projektgebiet

[Quelle: NLWKN Grundwasserberichte Niedersachsen]

Die Entwicklung der Grundwasserstände ist von kurzfristigen jahreszeitlichen Schwankungen geprägt und wird in der Region Niedersachsen seit 2009 von einem langfristigen Trend überlagert, der auf eine landesweite Absenkung der Grundwasserstände schließen lässt. Dabei basiert die jahreszeitliche Dynamik des Grundwasserhaushalts auf räumlich variierenden meteorologischen, geologischen und hydraulischen Gegebenheiten. Während in den Wintermonaten die klimatische Wasserbilanz durch Niederschläge und geringe Verdunstung günstig für die Grundwasserneubildung ist, nehmen die Grundwasserstände in den Sommermonaten aufgrund der negativen klimatischen Wasserbilanz i. d. R. ab, sodass ein saisonaler Zyklus entsteht. Der Klimawandel wird als Haupttreiber des langfristigen Trends der Grundwasserstandsentwicklung erkannt.

Zur Einordnung des Projektgebiets hinsichtlich der Grundwasserstandsentwicklung ist zu beachten, dass das Tangermoor sowohl durch die Marsch als auch durch den angrenzenden Geestrand charakterisiert ist. Die Sensitivität des Grundwasserniveaus

ist in Trockenperioden in Geestregionen höher als in Marschregionen. Dies hat drei Gründe: Zum einen wird der Anstieg bzw. Abstieg des Grundwasserniveaus durch die Porosität der Sedimente beeinflusst, sodass sich Unterschiede im Speichervermögen der lehmigen Marschsedimente und der sandigen Geestsedimenten einstellen. Zum anderen steuern Vorfluter die mögliche Reaktion der Grundwasserstände. Niederungsregionen wie Marsche weisen eine hohe Dichte an Vorflutern auf, wodurch die Dynamik des Grundwasserniveaus gedämpft wird. Weiterhin werden die Grundwasserverhältnisse in Niederungsregionen durch Abflüsse aus höher gelegenen Regionen (bspw. Geest) stabilisiert.

Die Witterungsbedingungen im hydrologischen Jahr 2018 waren landesweit von niedrigen Niederschlagsmengen (niedersächsischer Durchschnitt < 550 mm/a) und einer ungewöhnlich lang andauernden Trockenphase mit extremen Temperaturen in den Sommermonaten geprägt. Sowohl die Niederschläge als auch die Wasserbilanzen bewegten sich 2018 demnach an der unteren Grenze der langjährig gemessenen Werte, wobei in Einzelmonaten Unterschreitungen bisheriger Extrema erfolgten. Die Grundwasserstandsabsenkungen wurden 2018 im Projektgebiet mit ca. 10–30 cm quantifiziert. Aufgrund überdurchschnittlicher Niederschlagsmengen im Nordwesten Niedersachsens (> 800 mm/a) wurde im Frühjahr 2019 im Projektgebiet das Grundwasserstandsniveau des Vorjahres wieder erreicht, sodass der weitere Verlauf in 2019 weitgehend der Entwicklung von 2018 entsprach. Insgesamt erfolgte im Projektgebiet für das hydrologische Jahr 2019 eine geringe Netto-Zunahme des Grundwasserspiegels um ca. 10 cm.

Im hydrologischen Jahr 2020 zeigte der landesweite Durchschnitt der Grundwasserstände aufgrund der günstigen Ausgangslage der klimatischen Wasserbilanz gegen Ende des Jahres 2019 zunächst einen Wiederanstieg, der auch im Projektgebiet zu verzeichnen ist. In den Sommermonaten sanken die Grundwasserstände erneut stark ab und die Jahresniederschlagsmenge blieb unter dem Vorjahresniveau, sodass die Grundwasserstandsentwicklung 2020 im Projektgebiet mit -10 cm als geringe Absenkung eingestuft wurde. Die niederschlagsreichen Sommermonate im Jahr 2021 hingegen sorgten insbesondere in nordwestlichen Landesteilen für eine positive klimatische Wasserbilanz und somit für Anstiege der Grundwasserstände, obwohl der Jahresniederschlag 2021 unterhalb des langjährigen Mittels der Jahresniederschläge im Referenzzeitraum 1991–2020 (ca. 750 mm/a) liegt. Auch das Grundwasserstandsniveau des Projektgebiets profitierte von den

Sommerniederschlägen und verzeichnete im hydrologischen Jahr 2021 Anstiege von bis zu 10 cm. Als Ausblick auf das Jahr 2022 ist die Ausgangssituation der Grundwasserstände in Niedersachsen nach vorläufigen Betrachtungen infolge eines niederschlagsreichen Winters tendenziell als günstig einzustufen.

Zwar scheinen sich die Grundwasserstände im Projektgebiet aufgrund der hohen Niederschlagsmenge in nordwestlichen Landesteilen nur zum Teil am Landesdurchschnitt abnehmender Grundwasserstände zu orientieren, jedoch ist die grundsätzliche Tendenz der Grundwasserabsenkung in Folge des Klimawandels auch hier zu beobachten bzw. zu erwarten. Die zukünftige Entwicklung des Klimas beinhaltet für Niedersachsen steigende Jahresmitteltemperaturen, womit auch Verdunstungswerte weiter ansteigen. Dahingegen werden für die Niederschläge für den kurzfristigen Planungshorizont bis 2050 keine Änderungen der mittleren Jahresniederschlagssummen erwartet, wohl aber eine Verschiebung der Niederschlagsverteilung zugunsten der Wintermonate.

# 5 UNTERSUCHUNGSKONZEPT UND METHODEN

Anhand der im Folgenden beschriebenen Erkundungen soll geklärt werden, ob und wie eine langfristige Wasserstandsanhebung im Projektgebiet erzielt werden kann. Wichtige Parameter zur Beantwortung dieser Frage bilden der Aufbau des Moores mit seinen Torfmächtigkeiten, den Zersetzungsgraden der Torfe und das Vorhandensein von stauenden Schichten wie z. B. Mudden oder bindigen Böden sowie die hydrologische Situation, gekennzeichnet durch Verlauf, Fließrichtung und Morphologie.

## 5.1 Aufnahme der hydrologischen Verhältnisse

Im Dezember 2022 und Januar 2023 erfolgte durch Mitarbeiter des ILP eine Gebietsbegehung, in deren Rahmen die Grabensysteme, Fließrichtungen sowie Grabendurchlässe aufgenommen wurden. Dabei wurden mit einem GNSS-Empfänger mit Totalstation (Topcon FC-5000) die genauen Höhen und Lagen der Entwässerungsstrukturen erfasst.

Die Ergebnisse der Feldbegehung können der **Anlage 3** entnommen werden.

## 5.2 Bodenstratigraphische Erfassung

Zur Beschreibung der Torfe im Untersuchungsgebiet wurden am 30.11.2022 insgesamt 15 Handbohrungen abgeteuft. Dabei kam für die Ansprache der obersten Bodenmeter ein Stechbohrer mit einem Durchmesser von ca. 50 mm zum Einsatz. Um den Schaden im Bereich der wasserstauenden Schichten beim Durchbohren der Mudde und anschließendem Aufschluss des Untergrundes möglichst gering zu halten, wurde der letzte Meter mithilfe eines ca. 30 mm breiten Stechbohrers erkundet.

Die Ansprache des Bohrguts auf seine Beschaffenheit hinsichtlich der botanischen Zusammensetzung der Torfarten, der Feuchtigkeit des Materials sowie der Farbe erfolgte nach der KA 5 [3]. Der Zersetzungsgrad der Torfe wurde nach der von von Post erstellten zehnstufigen Skala [3] bestimmt

Die Höhen und Lagen der Kartierpunkte wurden mittels eines GNSS-Empfängers mit Totalstation (Topcon FC-5000) erfasst. Die Lage der Kartierpunkte ist in der **Anlage 4** dargestellt. Die Höhen sind zusammen mit den dazugehörigen Schichten-beschreibungen der **Anlage 5.1** zu entnehmen.

## 5.3 Bau von Torfwassermessstellen

Um die Entwicklung des Wasserstands im Untersuchungsgebiet zu erfassen, wurden am 30.11.2022 (TWM 1–TWM 5) sowie am 08.12.2022 (TWM 6) sechs Torfwassermessstellen errichtet. Das für den Ausbau der Messstelle geborgene Bohrgut wurde ebenfalls fachgerecht angesprochen und die Höhe und Lage der Aufschlüsse sowie die Messpunkthöhen bestimmt. In den Messstellen TWM 1, TWM 2 und TWM 4 wurden Datenlogger installiert, um den Wasserstand in einem Messtakt von 12 Stunden zu erfassen. In allen Messstellen wurden mehrmals pro Woche Abstichmessungen durchgeführt.

Die genaue Lage der Torfwassermessstellen ist auf der **Anlage 4** verzeichnet. Die Ausbauprofile sind zusammen mit den Höhen auf der **Anlage 5.1** dargestellt. Der **Tabelle A1** sind die dazugehörigen Stammdaten zu entnehmen.

## 5.4 Abstichmessungen in vorhandenen Messstellen

Zusätzlich zu den neu errichteten Torfwassermessstellen wurden auch bereits bestehende Messstellen in das Messnetz aufgenommen. Dabei handelt es sich um eine weitere, außerhalb des Plangebiets gelegene Torfwassermessstelle (ILP 5H), eine im Plangebiet befindliche Oberflächenwassermessstelle (ILP O5) sowie fünf außerhalb

bzw. angrenzend an das Plangebiet gelegene Grundwassermessstellen (GWM S02 f, GW 68, L.3, VB 2 f, GW 9). Die Lage der Messstellen und die Stammdaten sind der **Anlage 4** sowie **Tabelle A1** zu entnehmen.

# 6 ERGEBNISSE

## 6.1 Vorbemerkung

Die durchgeführten Untersuchungen liefern lediglich punktuelle Ergebnisse für die genannten Ansatzpunkte. Aufgrund der starken Heterogenität des Moores können zwischen den Untersuchungspunkten in Abhängigkeit der natürlichen Variabilität abweichende Bodenverhältnisse vorliegen.

Zusätzlich zu den aus den hier beschriebenen Arbeiten gewonnenen Daten wurden zur Abschätzung der Moorverteilung Kartierungen aus anderen Projekten herangezogen.

## 6.1 Hydrographische Verhältnisse

Ein Wasserzufluss erfolgt im Untersuchungsbereich hinsichtlich des Geländeabfalls sowohl aus Westen als auch aus Südosten. Das Projektgebiet wird vor allem durch den Twickelser Graben (Gewässer II. Ordnung) entwässert. Dieser beginnt ca. 1,5 km südlich des Plangebiets, quert die Untersuchungsflächen, verläuft weiter gen Nordwesten und endet im Ellenserdammer bzw. Dangaster Tief.

Nach den Vermessungsarbeiten variiert die Tiefe des Twickselser Grabens im Untersuchungsgebiet zwischen 0,52 m und 1,59 m. Dabei befindet sich der flachste Bereich im Teilbereich 2 zwischen BAB und Bahnstrecke. Es folgt ein Grabenabschnitt mit einer Tiefe von etwa 0,90 m. Infolge einer Geländeerhöhung beträgt die Grabentiefe im weiteren Verlauf 1,60 m. Anschließend verringert sich die Grabentiefe wieder bis auf eine Tiefe von ca. 0,75 m. Bei Betrachtung der Sohltiefen ist zu erkennen, dass das anfangs im Teilbereich 2 stärkere Gefälle im weiteren Verlauf abnimmt und die Sohltiefen ab dem zentralen Bereich des Plangebiets wieder leicht ansteigen, sodass sich in der Sohle des Twickelser Grabens eine leichte Senke ergibt. Werden die nahegelegenen Aufschlüsse betrachtet, so ist davon auszugehen, dass die Sohle des Grabens einige Zentimeter in den mineralischen Untergrund schneidet. Da am südwestlichen Rand des Teilbereichs 1 kaum Torfe vorliegen, liegt der Graben hier komplett im Sand/Lehm. Die unterhalb des Torfs liegende Schicht scheint den Bohrungen nach für den größten Abschnitt des Twickelser Grabens aus bindigem

Material wie tonigem Schluff oder Ton zu bestehen, das die Grabensohle zum Liegenden hin abdichtet. Im nördlichen Grabenabschnitt steht lokal unterhalb der Mudde Feinsand an. Da die Sohle in diesem Bereich ebenfalls leicht in den mineralischen Untergrund zu schneiden scheint, können hier vertikale Wasserzuflüsse und -abflüsse vorkommen (s. **Anlage 6**). Auf der **Anlage 8.8** (Geologischer Schnitt H–H‘) sind die Aufschlüsse entlang des Twickelser Grabens zusammen mit den Sohlhöhen des Grabens dargestellt.

Werden die Sohltiefen der weiteren Vorfluter im Untersuchungsgebiet mit den Torfunterkanten der naheliegenden Aufschlüsse verglichen, so kann angenommen werden, dass der mineralische Untergrund nicht angeschnitten wird. Die Gräben weisen an den Vermessungspunkten Tiefen zwischen 0,4 m und 0,9 m auf.

Wird die hydrographische Karte des NIBIS-Kartenservers [1] (s. **Anlage 2**) mit den im Gelände erfassten Vorflutern und zugehörigen Fließrichtungen (s. **Anlage 6**) verglichen, so decken sich die Ergebnisse größtenteils. Eine Abweichung ergibt sich bei dem südlich des Teilbereichs 1 gelegenen Graben. Laut Kartenwerk fließt dieser vom Twickelser Graben weg. Die Vermessungsergebnisse hingegen zeigen, dass der Graben dem Twickelser Graben zufließt. Der an diesen Seitengraben gen Norden angeschlossene Vorfluter zeigt im Gelände ebenfalls eine andere Fließrichtung. Nach den Erkundungsergebnissen fließt das Wasser in Richtung Norden.

Insgesamt ist zu erkennen, dass ein Teil des Wassers im Projektgebiet dem Twickelser Graben zufließt und über diesen Vorfluter gen Norden abgeführt wird. Teilweise findet ein Abfluss in Richtung Nordosten statt. Im östlichen Randbereich des Plangebiets befindet sich eine Wasserscheide, sodass die Fließrichtungen sowohl nördlich als auch teilweise südlich gerichtet sind.

Die kleineren Gräben südlich des Teilbereichs 1 waren bei der Geländebesichtigung größtenteils zugewachsen (s. **Anlage 6**), sodass bei diesen Vorflutern von keiner relevanten Entwässerungswirkung ausgegangen wird.

Im östlichen Randbereich des Plangebiets wurden im Rahmen vergangener Projektarbeiten bereits Maßnahmen durchgeführt. Auf Höhe der Oberflächenwassermessstelle ILP O5 wurde der Seitengraben verschlossen, sodass kein Wasserabfluss gen Osten mehr möglich ist. Weiter nördlich wurde ein Fallrohr installiert. Somit wird das Wasser bis zu einem bestimmten Stand im Vorfluter gehalten. Die Oberkante des Rohrs liegt bei 0,27 m NHN und kann folglich das Wasser bis auf diese Höhe anstauen. Bei einem östlich des Twickelser Grabens gelegenen

Seitengraben wurde der Rohrdurchlass im April 2022 von dem Flächennutzer teilweise verfüllt, sodass es in diesem Bereich bereits zu einem Grabenanstau kam. Die Oberkante der Verfüllung liegt bei -0,19 m NHN. Der Wasserstand lag am 24.01.2023 in diesem Graben bei -0,27 m NHN und war somit höher als der Wasserstand im angeschlossen Twickelser Graben (-0,42 m NHN).

In der **Anlage 6** sind die am 24.01.2023 erfassten Wasserstände dargestellt. Demnach sind die tiefsten Grabenwasserstände im Twickelser Graben zu finden. Die bereits durchgeführten Anstaumaßnahmen im östlichen Randbereich des Plangebiets wirken sich durch höhere Wasserstände aus. Die höchsten Grabenwasserstände wurden in den im südöstlichen Teilbereich 1 gelegenen Vorflutern gemessen.

## 6.2 Moorkartierung

Für die Erfassung der Beschaffenheit und Verteilung des Moorkörpers wurden zusätzlich zur aktuellen Erkundung (s. Abschnitt 7.2) bereits bestehende Aufschlüsse in die Betrachtung aufgenommen. Die Bohrprofile der Altbohrungen sind der **Anlage 5.2** zu entnehmen.

Im Untersuchungsgebiet kommen zum größten Teil stärker zersetzte Torfe vor. Die mächtigsten Torfschichten sind mit 2,0 m im Bereich der TWM 01 zu finden. Die Aufschlüsse der TWM 01, TWM 02 und TWM 06 weisen über den Niedermoortorfen Hochmoortorfe auf. Auch anhand der Altdaten aus den bereits bestehenden Bohrungen lässt sich eine Verteilung der Hochmoortorfe westlich sowie auch östlich der Pufferfläche ableiten. Zu den Randbereichen des Moores laufen die Torfschichten aus und die Hochmoortorfe werden geringmächtiger. Auf der **Anlage 7** ist die Moorverteilung anhand einer Interpolation der Torfmächtigkeiten zwischen den Aufschlüssen im Untersuchungsgebiet dargestellt.

Die Hochmoortorfe sind größtenteils amorph. Die Niedermoortorfe bestehen hauptsächlich aus Seggen und Bruchstücken aus Erlen-, Kiefer- sowie Birkenbeständen. Zum Teil konnten auch Laubmoostorfe angesprochen werden (TWM 06).

Großflächig liegt im Plangebiet auf den Torfen eine Kleiauflage, die anthropogen aufgebracht wurde. Entlang der BAB 29 südlich der Untersuchungsflächen sind die Torfe von Sand überlagert. Gleiches gilt für große Bereiche der Pufferfläche sowie das sich östlich anschließende Gelände. Bei den Sanden handelt es sich ebenfalls um eine künstliche Auffüllung.

Anhand der durchgeführten Bohrungen wurden geologische Schnitte erstellt. Diese sind den **Anlagen 8.1–8.8** zu entnehmen. Der Verlauf der Schnitte ist in dem Lageplan auf **Anlage 7** dargestellt.

Der Geologische Schnitt A–A‘ (**Anlage 8.1**) verläuft entlang des Tangermoorwegs. Das Gelände fällt von West nach Ost ab. Torfschichten sind in diesem Bereich nicht oder nur sehr geringmächtig vorhanden. Gen Südosten tritt eine stauende Muddeschicht auf.

Im Geologischen Schnitt B–B‘ (**Anlage 8.2**) ist zu erkennen, dass das Gelände von Nord nach Süd leicht ansteigt. Die Mächtigkeit der Torfe nimmt im Zentrum des Plangebiets zu und läuft zu den Randbereichen hin aus. Mit Ausnahme der südlichsten Bohrung konnte an allen Ansatzpunkten eine Mudde oder stauende Schluffschicht erbohrt werden.

Der Geologische Schnitt C–C‘ (**Anlage 8.3**) verläuft im südlichen Bereich der Teilfläche 2 von Nordwest nach Südost. In den Bohrprofilen ist zu erkennen, dass im Zuge von Bau- sowie Planierarbeiten eine Umlagerung der natürlichen Schichten stattgefunden hat. Vor allem der Bau der parallel verlaufenden BAB 29 hat die Flächen vermutlich stark überprägt.

Auf der **Anlage 8.4** ist der Geologische Schnitt D–D‘ dargestellt. Er verläuft durch das Zentrum des Moorkörpers und zeigt, dass sowohl die Geländehöhe als auch die Moormächtigkeiten von der TWM 03 bis zur TWM 01 ansteigen.

Im Verlauf des Geologischen Schnitts E–E‘ (**Anlage 8.5**) von Nord nach Süd steigt das Gelände und auch die Höhe des mineralischen Untergrunds leicht an. Bei den im Teilbereich 2 gelegenen Aufschlüssen B 4 und B 5 sind keine stauenden Schichten vorhanden. Unterhalb der Torfe folgen direkt Sande.

Der Geologische Schnitt F–F‘ (**Anlage 8.6**) verläuft von Südwest nach Ost und zeigt, dass vor allem im Zentrum des Moorkörpers stauende Schichten unterhalb der Torfe liegen. In den Randbereichen sind auch hier unterhalb der Torfschichten Sande zu finden.

Im Schnitt G–G‘ (**Anlage 8.7**) ist zu erkennen, dass der Twickelser Graben auf Höhe der Bohrung B13 zwar in den mineralischen Untergrund schneidet, jedoch zum Liegenden hin abdichtende tonige Schluffschichten folgen.

Auf der **Anlage 8.8** (Geologischer Schnitt H–H‘) ist die Sohlhöhe des Twickelser Grabens zusammen mit nahegelegenen Bohrungen dargestellt, sodass abgeschätzt

werden kann, in welchen Bereichen der Graben in die Torfe, Mudde oder den mineralischen Untergrund schneidet.

Zusammengefasst fällt das Gelände sowohl von West nach Ost als auch von Süd nach Nord ab. Die größten Torfmächtigkeiten sind im Südosten des Plangebiets zu finden. Abdichtende Schichten in Form von Mudden oder Schluffen liegen anhand der Aufschlüsse im Bereich der Moorausbreitung im Teilbereich 1 großflächig vor. Im Teilbereich 2 hingegen stehen unterhalb der Torfe größtenteils Sande an.

## 6.3 Wasserstandsentwicklung

Auf der **Anlage 9.1** sind die Wasserstände der im Plangebiet installierten Torfwassermessstellen sowie der bereits vorhandenen Oberflächenwassermessstelle als Ganglinien dargestellt und in Verhältnis zu den Niederschlägen gesetzt. Dabei wurden sowohl die regelmäßig durchgeführten Handmessungen als auch die Ergebnisse aus den Datenloggern (gestrichelte Linie) miteinbezogen. Aufgrund ihrer Nähe zum Twickelser Graben wurde der Wasserstand der TWM 04 als Referenzwasserstand für die Wasserstandsentwicklung des Twickelser Grabens herangezogen. Eine tabellarische Darstellung der Handmessungen ist der **Tabelle A1** zu entnehmen.

Die Wasserstände steigen in den Monaten Dezember 2022 bis Januar 2023 (Beobachtungszeitraum) merklich an. Es ist eine Korrelation zwischen den Niederschlagsmengen und dem Verlauf der Ganglinien zu sehen. Die Wasserstände reagieren demnach kurzfristig auf Regenereignisse. Ein nachhaltiger Anstieg der Wasserstände ist erst ab dem Einsetzen vermehrter Niederschläge zu verzeichnen. Bleiben die Niederschläge aus (zum Ende des Beobachtungszeitraums), sinken die Torfwasserstände wieder rasch ab. Besonders deutlich ist diese Tendenz im Einzugsbereich der Gräben festzustellen. Der Wasserstand in der ILP O5 hingegen verhält sich trotz ausbleibender Niederschläge weitestgehend stabil. Hier machen sich die bereits im Rahmen anderer Projekte durchgeführten Einstaumaßnahmen bemerkbar. So bleibt der Grabenwasserstand auf Höhe des durch das installierte Fallrohr definierten Einstauziels von ca. 0,27 m NHN.

Die niedrigsten Wasserstände wurden in den Messstellen mit Grabennähe aufgezeichnet. Anhand der Ganglinie der TWM 04 ist zu erkennen, dass die Torfe in direkter Nähe des Twickelser Grabens stark entwässert werden. Der Wasserstand im Twickelser Graben weist die höchsten Schwankungen auf und sackt bei ausbleibenden

Niederschlägen am stärksten ab. Auch die in der Nähe eines Seitengrabens installierte Messstelle TWM 03 hat bezogen auf m NHN vergleichsweise niedrige Wasserstände aufgezeichnet. Wird der Gesamtanstieg der Wasserstände in den Messstellen während des Beobachtungszeitraums Dezember 2022–Januar 2023 betrachtet, so ist zu erkennen, dass der Wasserstand in diesen Messstellen mit 0,11 cm bzw. 0,12 cm den geringsten Anstieg verzeichnet.

Die Entwässerungswirkung des Twickelser Grabens lässt mit steigender Entfernung zum Vorfluter stark nach. So zeigt die Ganglinie der TWM 06 (Entfernung zum Graben ca. 65 m) höhere Wasserstände sowie eine geringere Abnahme des Wasserstands bei ausbleibenden Niederschlägen.

Die höchsten Wasserstände und auch der höchste Wasserstandsanstieg im Torfkörper wurden auf dem Torfrücken in der TWM 01 gemessen. Obwohl das Gelände hier erhöht ist, wird das Niederschlagswasser durch die stark zersetzten und dadurch schwach durchlässigen Torfe vor dem schnellen vertikalen und lateralen Abfluss gehindert.

In den Geologischen Schnitten (**Anlage 8**) sind zusammen mit den Grabenwasserständen die am 24.01.2023 aufgenommenen Wasserstände der Torfwassermessstellen dargestellt. Insbesondere im Schnitt D–D‘ (**Anlage 8.4**) ist der Anstieg des Torfwassers zum mächtigeren Moorkörper hin zu erkennen.

Die **Anlage 10.1** stellt die Torfwassergleichen dar, die anhand der Vermessungsergebnisse vom 08.12.2022 (Wasserstandsminimum im Beobachtungszeitraum) und vom 16.01.2023 (Wasserstandsmaximum im Beobachtungszeitraum) erstellt wurden. Der Wasserstand liegt zwischen -0,4 m NHN und 1,4 m NHN zu Anfang des Beobachtungszeitraums und 0 m NHN und 2,0 m NHN zu dem wasserstandhöchsten Zeitpunkt. Die Höhen der Torfwassergleichen nehmen von Ost nach West ab. Die Entwässerungswirkung durch den Twickelser Graben ist anhand der Gleichen gut zu erkennen. So ist eine Abnahme der Torfwasseroberfläche von 1,8 m (08.12.2022) bzw. 2,0 m (16.01.2023) zu erkennen.

Die **Anlage 9.2** zeigt die Grundwasserstandsentwicklung in den letzten sieben Jahren im Untersuchungsbereich anhand fünf ausgewählter Grundwassermessstellen (**Anlage 4**) sowie den Entwicklungstrend (gestrichelte Linie). Die monatlichen Niederschläge wurden ebenfalls dargestellt. Es ist gut zu erkennen, dass sich vor allem die trockenen Jahre 2018, 2019, 2020 und 2023 auf das Grundwasser ausgewirkt haben und zu einer Abnahme der Wasserstände geführt haben. Zwar konnten sich die

Grundwasserstände während der niederschlagsreicheren Perioden wieder erholen, dennoch lässt sich über die beobachteten sieben Jahre hinweg bei den Messstellen L3, GW 09 und GWMs 02f ein leichter Abwärtstrend der Wasserstände feststellen. Der Wasserstand der VB2f zeigt langfristig keine auffälligen Entwicklungen.

In der GW 68 hingegen ist ein langjähriger Grundwasserstandsanstieg zu verzeichnen. Da sich diese Messstelle nahe eines Grabens befindet, in dem bereits Anstaumaßnahmen durchgeführt worden sind, kann dieser Trend als erfolgreiche Auswirkung der Staueinrichtungen betrachtet werden.

Auf der **Anlage 10.2** wurden Grundwassergleichen für das Projektgebiet abgebildet. Grundlage waren die Messergebnisse der fünf dargestellten Messstellen vom 08.12.2022 sowie vom 24.01.2023 (Anfang und Ende des Beobachtungszeitraums). Der Grundwasserstand liegt im Plangebiet zwischen 0 m NHN und 0,3 m NHN zu Betrachtungsbeginn und 0,4 m NHN und 1,1 m NHN zum Ende des Betrachtungszeitraums. Somit ergibt sich im Plangebiet eine Wasserstandsdifferenz von ca. 0,3 m (08.12.2022) bzw. 0,7 m (24.01.2023). Es ist zu erkennen, dass die Höhen der Grundwassergleichen von Südost nach Nordwest abfallen. Während des Beobachtungszeitraums sind die Grundwasserstände zwischen 0,8 m (L3) und 0,3 m (GW 9) gestiegen (s. auch **Tabelle A1**).

Insgesamt lässt sich folgern, dass die Torfwasserstände durch die Geländemorphologie sowie Entwässerungsstrukturen stärker beeinflusst werden als die Grundwasserstände. Die Niederschlagsereignisse hingegen wirken sich auf die Grund- und Torfwasserstände gleichermaßen aus.

Anhand der NIBIS-Karte „Karte der klimatischen Wasserbilanz im Sommerhalbjahr 2021 bis 2050“ [1] kann zukünftig im Untersuchungsgebiet mit einem Wasserüberschuss gerechnet werden. Im Mittel wird eine positive klimatische Wasserbilanz von 166 mm prognostiziert.

# 7 WIEDERVERNÄSSUNGSPOTENTIAL DES MOORES

Für die Wasserhaltung muss sowohl der laterale als auch der vertikale Abfluss betrachtet werden. Entscheidend für eine erfolgreiche Wiedervernässung ist unter anderem der abdichtende Untergrund. So eignen sich Bereiche mit einer Mudde und darunterliegend einer gering wasserdurchlässigen Basis besser für einen Wassereinstau als Bereiche,

deren Torfkörper von stark wasserdurchlässigen Sanden unterlagert werden. Insbesondere Schwarztorfe, aber auch stark zersetzte Niedermoortorfe bilden ab einem bestimmten Zersetzungsgrad für den vertikalen Abfluss wassergeringdurchlässige Schichten. Geringer zersetzte Niedermoortorfe, vor allem mit Beimengungen von Holzbestandteilen, hingegen weisen höhere hydraulische Leitfähigkeiten auf.

Sind keine oder nicht mehr intakte Stauschichten (ausreichend mächtiger, stark zersetzter Torf, Muddeschicht oder abdichtender mineralischer Untergrund) vorhanden, ist für einen Anstau von Wasser in der Fläche der hydraulische Druck entscheidend. Dieser wird gebildet aus der Differenz aus dem Stauwasserstand in den Torfen und dem Grundwasserstand im Liegenden. Je tiefer der Grundwasserstand und je höher der Stauwasserstand ist, desto größer ist der vertikale unterirdische Abfluss (LBEG, 2022).

Insgesamt ist für die Wiedervernässbarkeit eines Moorstandortes also entweder eine möglichst mächtige, intakte Stauschicht oder ein ausreichend hoher Grundwasserstand entscheidend.

Ein weiteres Kriterium für das Wiedervernässungspotential von Flächen ist die Höhenlage bzw. der Höhenunterschied von Geländeoberflächen, da der Abfluss von Wasser von höher gelegenen in tiefer gelegene Bereiche erfolgt. Um auch höher gelegene Bereiche zu vernässen, kann daher ein Wasseranstau in verschiedenen Höhenstufen empfehlenswert sein.

Außerdem ist ausschlaggebend, ob für eine erfolgreiche Wiedervernässung genügend Wasser in das Gebiet fließt. Entscheidend sind vor allem die Abflussraten. Um das Abfließen des Wassers möglichst zu verhindern, müssen Entwässerungsstrukturen zurückgebaut und Staueinrichtungen installiert werden.

Nach dem GeoBericht 45 (LBEG, 2022) empfiehlt sich für die Abschätzung des Erfolgs von Wiedervernässungsmaßnahmen ein Punkteschema, das mögliche Verlustpfade von Wasser ermitteln soll. Dabei wird der mineralische Untergrund, der Grundwasserstand, eventuell vorhandene stauende Schichten, die Qualität der Resttorfschicht im Hinblick auf stauende Eigenschaften und Mächtigkeit sowie die klimatische Wasserbilanz im Sommerhalbjahr beurteilt. Für den hier betrachteten Standort wurden anhand der durchgeführten Bohrungen unterschiedliche Potentialbereiche herausgearbeitet (s. Tabelle 7-1), die im Folgenden hinsichtlich ihrer Wiedervernässbarkeit beurteilt werden sollen. Die Ausdehnung der Potentialbereiche im Plangebiet ist auf der **Anlage 11** dargestellt.

*Tabelle 7-1: Eigenschaften der Potentialbereiche für die Wiedervernässung*

| | |
|---|---|
| **Potentialbereich 1** | mind. 50 cm stark zersetzte Torfschicht und/oder ausreichend stauende Schichten zum Liegenden hin |
| **Potentialbereich 2** | weniger als 50 cm Torf oder nicht ausreichend stark zersetzt; Schluff-/Sandmudde; mineralischer Untergrund besteht aus Sand |
| **Potentialbereich 3** | weniger als 50 cm Torf, keine Mudde, mineralischer Untergrund besteht aus Sand |
| **Potentialbereich 4** | gar kein Torf |

Da in den Potentialbereichen 3 und 4 nicht ausreichend stauende Schichten bzw. Torfe vorhanden sind, werden diese Bereiche in der folgenden Bewertung im Hinblick auf ein Wiedervernässungspotential nicht betrachtet.

Tabelle 7-2 und Tabelle 7-3 zeigen die Punkteverteilung für die beiden Potentialbereiche 1 und 2. Die Beurteilung des Grundwasserhochstands im Mineraluntergrund im Sommer erfolgte anhand der sechsjährigen Datenreihen der umliegenden Grundwassermessstellen (GW 09, GW 68, GWMs 02f, L.3 und VB2f), die vom Landkreis Friesland für diesen Bericht zur Verfügung gestellt wurden. Dazu wurde aus den Messwerten der vergangenen sechs Jahre (2017–2022) der Mittelwert aus den jährlichen Grundwassertiefständen in den Sommermonaten errechnet. Demnach liegt der mittlere Grundwassertiefstand im Projektgebiet zwischen -0,47 m NHN und 0,13 m NHN (Tabelle 7-4).

*Tabelle 7-2: Bewertung des Potentialbereichs 1 im Hinblick auf einen Vernässungserfolg*

| **Potentialbereich 1** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Faktoren der Wasserhaltung** | **Minimum** | **Maximum** | **mögliche Punkte** | **Punktzahl** |
| Bodenart/Körnung des Mineraluntergrundes | Grobsand | Ton | 0–20 | 10 |
| Grundwasserstand im Mineraluntergrund im Sommer | tief (unter Moorbasis) | gegen Hochmoorbasis | 0–10 | 10 |
| Stauschicht unterhalb der Torfbasis | nicht vorhanden/gestört | vorhanden, intakt | 0–20 | 10 |
| Qualität der Resttorfschicht | Niedermoortorf, Bröckeltorf, Weißtorf | Schwarztorf H7–H10 | 0–20 | 15 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Mächtigkeit der flächendeckenden Resttorfschicht | < 40 cm | > 80 cm | 0–20 | 17 |
| Klimatische Wasserbilanz im Sommerhalbjahr | äußerst hohes bis hohes Defizit | hoher bis äußerst hoher Überschuss | -25–25 | 25 |
| | | | **Summe Punkte** | **87** |

*Tabelle 7-3: Bewertung des Potentialbereichs 2 im Hinblick auf einen Vernässungserfolg*

| **Potentialbereich 2** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Faktoren der Wasserhaltung** | **Minimum** | **Maximum** | **mögliche Punkte** | **Punktzahl** |
| Bodenart/Körnung des Mineraluntergrundes | Grobsand | Ton | 0–20 | 5 |
| Grundwasserstand im Mineraluntergrund im Sommer | tief (unter Moorbasis) | gegen Hochmoorbasis | 0–10 | 5 |
| Stauschicht unterhalb der Torfbasis | nicht vorhanden/gestört | vorhanden, intakt | 0–20 | 5 |
| Qualität der Resttorfschicht | Niedermoortorf, Bröckeltorf, Weißtorf | Schwarztorf H7–H10 | 0–20 | 5 |
| Mächtigkeit der flächendeckenden Resttorfschicht | < 40 cm | > 80 cm | 0–20 | 15 |
| Klimatische Wasserbilanz im Sommerhalbjahr | äußerst hohes bis hohes Defizit | hoher bis äußerst hoher Überschuss | -25–25 | 25 |
| | | | **Summe Punkte** | **60** |

*Tabelle 7-4: Mittelwerte der jährlichen Grundwassertiefstände (2017–2022) in den Sommermonaten*

| **Grundwassermessstelle** | **⌀ Grundwassertiefstand in den Sommermonaten [m NHN]** |
|---|---|
| GW 09 | 0,13 |
| GW 68 | -0,1 |
| GWMs 02 f | -0,47 |
| L3 | -0,04 |
| VB 2 f | 0,06 |

Die Aussicht auf einen Wiedervernässungserfolg lässt sich anhand der Gesamtpunktzahl wie folgt bewerten:

*Tabelle 7-5: Bewertung des Wiedervernässungserfolgs anhand der Gesamtpunktzahl*

| Punktzahl | Note | Bewertung |
|---|---|---|
| ≤ 10 | 5 | sehr schlecht |
| 10–29 | 4 | schlecht |
| 30–59 | 3 | mäßig |
| 60–79 | 2 | gut |
| 80–99 | 1 | sehr gut |
| ≥ 100 | 1+ | hervorragend |

Insgesamt lässt sich feststellen, dass aufgrund von wasserstauenden Schichten, der klimatischen Wasserbilanz sowie des sommerlichen Grundwasserstands der Potentialbereich 1 sehr gut für eine Wiedervernässung geeignet ist. Der sich im Randbereich und zum Teil auch im Zentrum des Potentialbereichs 1 befindliche Potentialbereich 2 weist eine gute Vernässungseignung auf.

Hier sei darauf hingewiesen, dass der Teilbereich 2 aufgrund der Bodenverhältnisse an einzelnen Sondierpunkten teilweise ebenfalls als Potentialbereich 1 eingestuft wurde. Unter zusätzlicher Betrachtung der aufgrund des Bahndamms isolierten Lage sowie des gestörten Bodenaufbaus im Bereich ehemaliger Lagerflächen besitzt dieser Bereich allerdings ein weitaus geringeres Wiedervernässungspotential als der zentrale Moorkörper im Teilbereich 1.

Für einen Vernässungserfolg im betrachteten Gebiet ist vor allem das Zurückhalten von Niederschlags- und zufließendem Oberflächenwasser entscheidend. Daher muss vor allem der Wasserabfluss über den Twickelser Graben verhindert werden. Die restlichen Seiten- und Nebengräben im Plangebiet entwässern entweder in den Twickelser Graben oder gen Osten/Nordosten. Das Abfließen in Richtung Osten wurde bereits durch das Verschließen des Seitengrabens auf Höhe der ILP O5 verhindert. Der nordwärts gerichtete Abfluss über die kleineren Vorfluter muss kurzfristig noch minimiert werden.

# 8 MÖGLICHE VERNÄSSUNGSMAßNAHMEN

Folgende Maßnahmen werden im Rahmen der Wasserstandsanhöhung im Projektgebiet empfohlen. Eine Darstellung der genauen Lage der Wiedervernässungsmaßnahmen ist **Anlage 12** zu entnehmen. Auf **Anlage 13.1** ist ein

Längsschnitt des Twickelser Grabens durch das Projektgebiet dargestellt. Der Bemessungswasserstand wurde am 10.01.2023 aufgenommen.

1.) Für eine erfolgreiche Wiedervernässung des Moorstandortes muss vor allem die Entwässerung über den Twickelser Graben vermindert werden. Da über diesen Graben die Entwässerung des Bahndammes erfolgt, soll zunächst auf einen Wasseranstau verzichtet werden. Um der Dränwirkung des Grabens im Projektgebiet entgegenzuwirken, soll durch den Einbau einer Folie bis auf den mineralischen Untergrund der laterale Wasserabfluss verhindert werden. Dabei ist die Folie im Teilbereich 1 beidseitig des Grabens zu verbauen, während im Teilbereich 2 ein einseitiger Einbau auf der östlichen, dem Projektgebiet zugewandten Seite vorgenommen werden sollte. Um die Unterhaltung des Twickelser Grabens sicherzustellen, ist die Folie außerhalb des Räumstreifens einzubringen. Des Weiteren soll für eine bessere Befahrbarkeit die Grabenschulter im gesamten Teilbereich 2 sowie im südlichen Abschnitt des Teilbereichs 1 durch eine Sandaufschüttung einseitig erhöht werden.

   Durch die Installation einer Oberflächenwassermessstelle im Twickelser Graben sollen die Wasserstandshöhen im Rahmen des Monitorings dokumentiert werden. Sollte das Monitoring zeigen, dass es ohne eine Anstauvorrichtung im Twickelser Graben auch bei auftretenden Starkregenereignissen oder Hochwassersituationen nicht gelingt, über die Seitengräben Wasser in die Fläche zu leiten, so ist ein Anstau des Wassers im Twickelser Graben zu diskutieren.

2.) Um das Wasser aus dem Twickelser Graben bei Starkregen oder Hochwasserereignissen für die Vernässung des Standortes zu nutzen, sollte das Wasser über Verrohrungen in die Seitengräben geleitet werden. Die Stauhöhe des Rohres sollte dabei bei -0,10 m NHN liegen. Eine schematische Darstellung des Twickelser Grabens und der beiden angeschlossenen Seitengräben mit Darstellung der relevanten Höhen ist auf der **Anlage 13.2** dargestellt. Der Wasserstand wurde am 10.01.2023 aufgenommen. Die Lage der Schnitte ist der **Anlage 12** zu entnehmen.

3.) Da die kleineren Vorfluter nur der Entwässerung des Projektgebiets dienen, können diese (teil-)verfüllt werden. Die zu verfüllenden Gräben(-abschnitte) sind auf der **Anlage 12** dargestellt. Als Verfüllmaterial sollte örtlich anstehender, amorpher Torf

verwendet werden. Hier ist zu überlegen, die obersten, stark zersetzten Schichten der erhöhten Torfrücken abzutragen und für die Grabenverschlüsse zu verwenden.

4.) Um ein Ableißen von Grabenwasser über die nordöstlich gelegenen Vorfluter zu vermeiden, sollte am Rand der Pufferfläche ein Grabenverschluss mit Verrohrung eingerichtet werden. Die Anstauhöhe dieser Verrohrung sollte bei 0 m NHN liegen.

5.) Nördlich des Plangebietes sollte der Rohrdurchlass durch eine entsprechende Verrohrung versehen werden, die einen Grabenanstau je nach Geländehöhe auf mindestens -0,10 m NHN bzw. bei niedrigem Gelände auf mindestens 0,10 m u. GOK erlaubt.

6.) Der südlich des Teilbereichs 1 entlang des Tangermoorwegs verlaufende Graben sollte im Rahmen des Monitorings überwacht werden. Aufgrund seiner Höhenlage besitzt der Graben aktuell keine Entwässerungswirkung. Sollten die Wasserstände in den Flächen ansteigen, ist sicherzustellen, dass der Graben auch dann nicht entwässernd wirkt. Sollte sich durch das Monitoring herausstellen, dass der Straßengraben für die umliegenden Flächen bei einer Wasserstandsanhebung eine Entwässerungswirkung besitzt, sind in diesem Bereich ebenfalls entsprechende Anstaumaßnahmen durchzuführen.

Insgesamt sind winterliche Mindestwasserstände von 0,1 m u. GOK und im Sommer von 0,3 m u. GOK oder höher anzustreben. In den tiefer gelegenen Bereichen sollte ein winterlicher Überstau erzielt werden. Da die Geländehöhen im Plangebiet sehr unterschiedlich sind, kann nicht überall eine Wasserstandsanhebung bis unter Flur gelingen. Allerdings zeigt die Entwicklung der Torfwasserstände in der TWM 01, dass der Torfkörper trotz höherer Lage das laterale sowie vertikale Abfließen des Niederschlagswassers vermindert und auf m NHN betrachtet die höchsten Wasserstände im Projektgebiet aufweist.

## 9 MONITORING ÜBER DEN ZEITRAUM DES ANLAGENBETRIEBS

Der Anlagenbetrieb ist zunächst auf 30 Jahre ausgelegt. Da die Wasserstandsentwicklung im Plangebiet vor allem im Hinblick auf langfristig zu erwartende Niederschläge und unentdeckte Abflüsse nicht abschließend abgeschätzt werden kann, sollte über den gesamten Zeitraum der PV-Flächennutzung ein Wasserstandsmonitoring durchgeführt werden. Dazu sollten zur Ermittlung der

hydraulischen Druckverhältnisse sowohl Torf- als auch Grundwassermessstellen und Vorflutermessstellen eingerichtet und zumindest teilweise mit Datenloggern ausgestattet werden (s. auch Abschnitt 8, 1.) Oberflächenwassermessstelle im Twickelser Graben).

Hierbei sollte darauf geachtet werden, dass auch auf den Pufferflächen Messstellen eingerichtet werden, um die zukünftigen hydrologischen Entwicklungen auf PV-Anlagenflächen mit denen auf den Pufferflächen vergleichen zu können. Folgende hydrologische Untersuchungen werden z.B. für das Monitoring vorgeschlagen:

- Untersuchungen der Bodenverdunstung bzw. der Torfwasserstände durch anlagenbedingte Gebietsverschattung,
- Veränderung der vertikalen Boden-/Torfwassergehalte durch Anstieg des Grund- und Torfwasserstandes
- Auswirkung der Anstaumaßnahmen auf den Wasserhaushalt im Boden und die Verbesserung des gebietsspezifischen $CO_2$-Haushaltes.

Durch eine regelmäßige und kontinuierliche Erfassung/Auswertung der Wasserstände ist gewährleistet, dass die geplanten hydraulischen Maßnahmen überprüft und bewertet werden können. Eine Berichterstattung sollte jährlich in Form von Protokollen und eines Kurzberichts an den Landkreis Friesland erfolgen. Sollten sich die Wasserstände durch besondere Ereignisse, wie z. B. Starkregen oder Hochwasser, sprunghaft ändern, so ist dies dem Landkreis unverzüglich mitzuteilen.

Abschließend wird auf die regelmäßige Kontrolle und Funktionsüberprüfung der Staueinrichtungen hingewiesen, damit mögliche negative Veränderungen oder Schäden rechtzeitig erkannt und behoben werden können.

# 10 ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNG

Die Nutzung von zuvor landwirtschaftlich genutzten Flächen als PV-Anlagenstandort kann bei einer Wiedervernässung und gleichzeitig reduzierten Düngeeinträgen zu Einsparungen von Treibhausgasen wie Lachgas ($N_2O$) und Kohlenstoffdioxid ($CO_2$) führen und somit einen entscheidenden Beitrag zum Klimaschutz leisten. Ziel sollte dabei eine langfristige Vernässung auch über den Anlagenbetriebszeitraum hinaus sein.

Für eine erfolgreiche Umsetzung und dauerhaft hohe Wasserstände ist zuvor eine sorgfältige Planung sowohl der Wiedervernässungs- als auch der Baumaßnahmen entscheidend.

Für die Gründung sollte ein Verfahren gewählt werden, für das kein Boden ausgehoben werden muss. Durch Eingriffe in den Boden würde Torf aus dem Verbund genommen und somit der Oxidation preisgegeben. Daher sollten Bodeneingriffe möglichst minimiert werden, indem z. B. die Verkabelung soweit wie möglich an den Modultischen erfolgt.

Die Bodenversiegelung ist auf ein Minimum zu reduzieren und nur auf die punktuellen Fundamente der Modultische und notwendiger Technikgebäude zu beschränken. Die Anlagen sind so aufzustellen, dass der Rückbau bodenschonend durchgeführt werden kann (Helbing, Dr. H. et al., 2022).

Im Hinblick auf stauende Schichten, hydraulische Verhältnisse und ausreichende Torfmächtigkeiten eignet sich vor allem der zentrale Bereich des Plangebiets für eine Wiedervernässung. Die umliegenden Puffer- und Randbereiche ermöglichen eine ausreichend hohe Wasserstandsanhebung ohne Beeinträchtigung der Bewirtschaftung der außerhalb des Plangebiets gelegenen Flächen.

Entscheidend für einen Vernässungserfolg ist insbesondere, ob ausreichend Wasser in den Flächen gehalten werden kann. Dafür muss vor allem der laterale Abfluss über den Twickelser Graben durch das Einbringen einer Folie seitlich des Grabens als Sperrschicht verhindert werden.

Außerdem soll das Wasser bei Starkregen oder Hochwasserereignissen aus dem Twickelser Graben genutzt werden, um über den Seitengraben angrenzende Flächen anzustauen. Das Abfließen über weitere Vorfluter gen Nord(-osten) ist durch das Einrichten von zwei Staueinrichtungen zu minimieren. Anhand der im Beobachtungszeitraum Dezember 2022–Januar 2023 aufgenommenen Torfwasserstände ist davon auszugehen, dass ein oberflächennaher Anstau in den tiefer gelegenen Bereichen während der niederschlagsreichen Monate wirkungsvoll zu erreichen ist. Die höchsten Wasserstände konnten Mitte Januar 2023 erfasst werden. In dieser Zeit steht das Wasser im Bereich der TWM 03 auf Höhe der Geländeoberkante an. Auf dem ca. 1,80 m höher gelegenen Moorkörper (TWM 01) befindet sich das Wasser zeitgleich bei etwa 0,20 m u. GOK. Somit nähern sich die Wasserstände in der niederschlagsreichsten Periode bereits ohne Wiedervernässungsmaßnahmen den

Anstauzielen von mindestens 0,1 m u. GOK im Winter an. Im Sommer sind Wasserstände von 0,3 m u. GOK oder höher anzustreben.

Die größte Herausforderung an die Wiedervernässung wird sich durch die trockenen Sommermonate mit erhöhter Evapotranspiration ergeben. Durch die Überdeckung eines großen Flächenanteils durch die PV-Modultische ist jedoch von einer verringerten Verdunstungsrate auszugehen. Wie genau sich die Wasserstände durch die Maßnahmen entwickeln werden, hängt stark von den Niederschlagsraten und dem Temperaturverlauf ab und kann nach dem aktuellen Stand nicht abschließend beurteilt werden.

Um den Erfolg der Vernässungsmaßnahmen und einen dauerhaften Wasseranstau sicherzustellen, werden Maßnahmen im Rahmen eines hydrologischen Monitorings empfohlen.

Hude-Wüsting, 19.04.2023

| | |
|---|---|
| ..... | ..... |
| i. A. Anna Wilbers (M. Sc.) | Dipl.-Geologe Ulf Linnemann |

# 11 LITERATURVERZEICHNIS

Armstrong, A., Ostle, N. J., & Whitaker, J. (2016). Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling. Environmental Research Letters, 11(7), 074016.

Dinesh (2016). The potential of agrivoltaic systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 54, 2016.

Dupraz (2011). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes, Renewable Energy, Volume 36, Issue 10, 2011.

Feistel, U. und Werisch, S. (2022). Wie PV-Freiflächenanlagen den Bodenwasserhaushalt verändern – Begleitforschung im größten Solarpark Deutschlands.

Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2023) § 37 Abs. 1 Nr. 3 lit. e).

Goetzberger, A. (1981). Kartoffeln unter dem Kollektor. Sonnenenergie 3/81.

Goetzberger, A. und Zastrow, A. (1982). On the coexistence of solar-energy conversion and plant cultivation. Int. J. Solar Energy 1.1.

Graf, M., Höper, H. & Hauck-Bramsiepe, K. (Redaktion) (2022): Handlungsempfehlungen zur Renaturierung von Hochmooren in Niedersachsen. – GeoBerichte 45; Hannover (LBEG).

Grundwasserbericht Niedersachsen - Sonderausgabe zur Grundwasserstands-entwicklung im Jahr 2021. (2022). NLWKN.

Helbing, Dr. H. et al. (2022). Bodenschutz und Photovoltaik-Freiflächenanlagen. Positionspapier des Bundesverbandes Boden e.V.

Informationspapier des Greifswald Moor Centrum zu Photovoltaik-Anlagen auf Moorböden Stand: März 2022.

KNE (2022): Photovoltaik auf wiedervernässten Moorböden – Eine neue Flächenkulisse im EEG 2023.

Schlegel, J. (2021). Auswirkungen von Freiflächen-Photovoltaikanlagen auf Biodiversität und Umwelt. Literaturstudie.

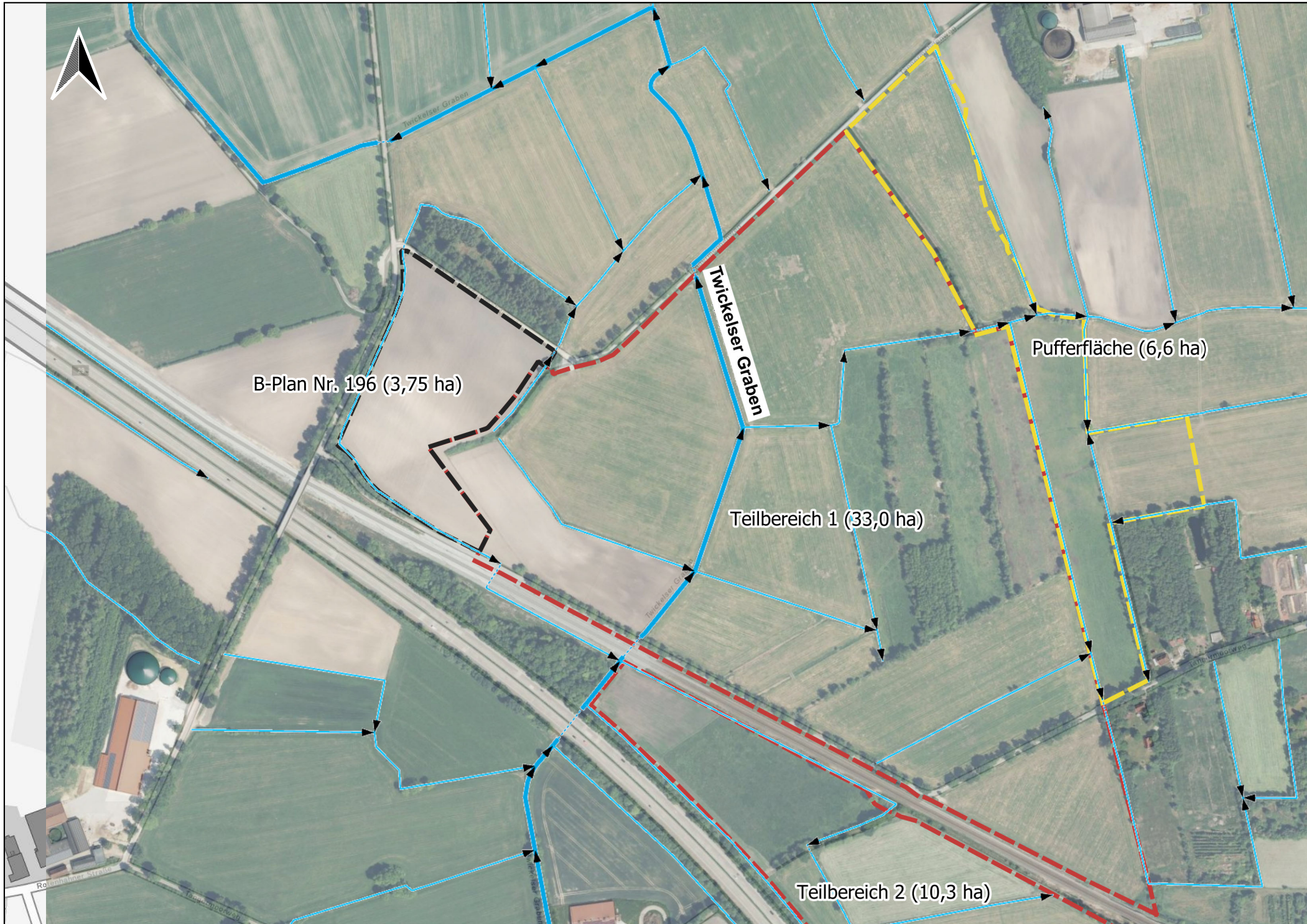
Siuda, C., Thiele, A. (2010): Moorrenaturierung kompakt - Handlungsschlüssel für die Praxis. LfU Bayern – Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.).

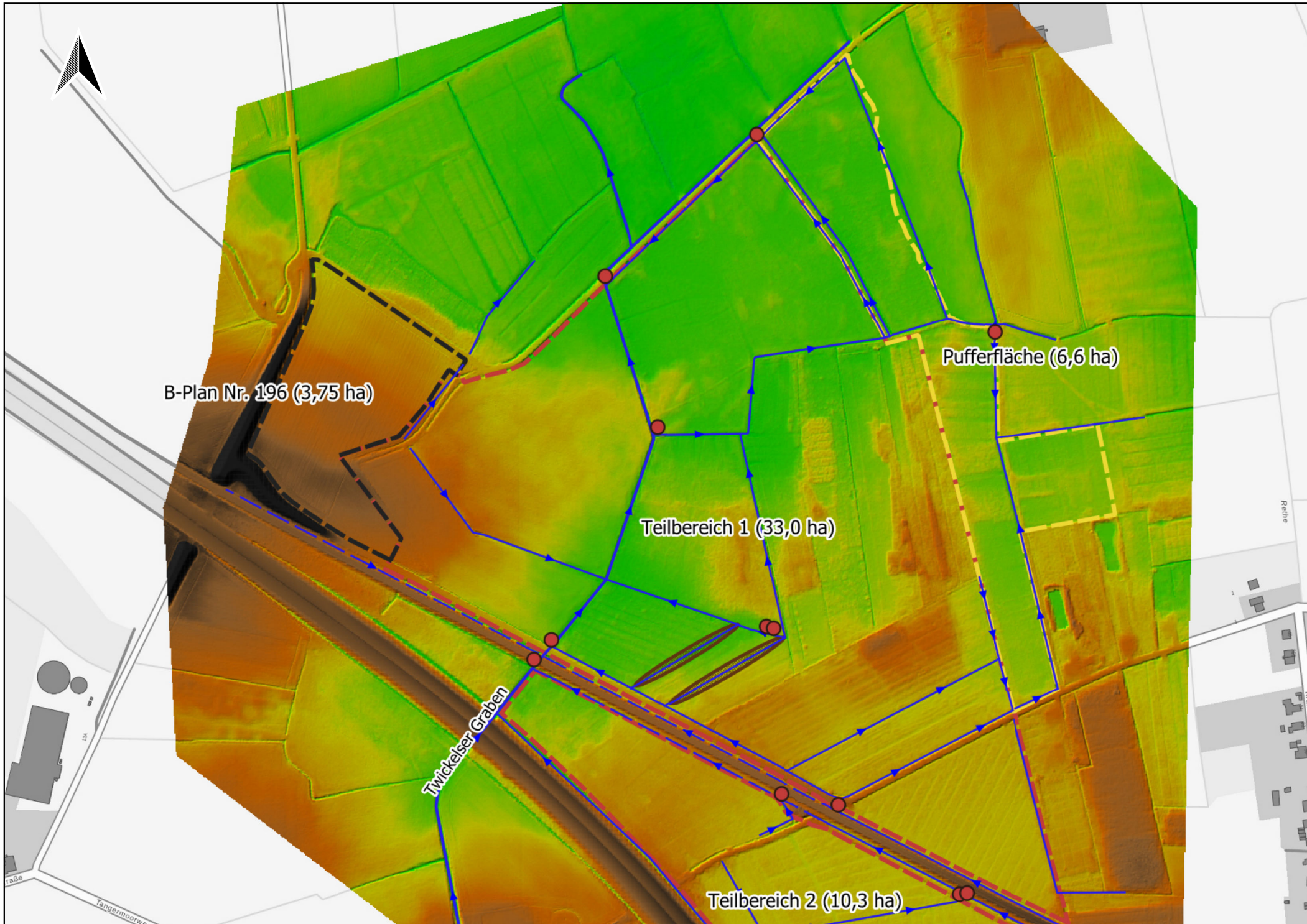
Tiemeyer et al., 2017, Instrumente und Indikatoren zur Bewertung von Biodiversität und Ökosystemleistungen von Mooren, Braunschweig.

Verordnung zur Durchführung der im Rahmen der GAP geltenden Konditionalität (GAP-Konditionalitäten-Verordnung) § 11 Abs. 2, § 11 Abs. 3.

# ANHANG

Jungfernbusch
Roffhausen
Langewerth
Wiesenhof
Schaar
Schaarreihe
Neuende
210
Heppens
Eckwarden
Schaardeich
Middelsfahr
Ebkeriege
Bant
Wilhelmshaven
Ems-Jade-Kanal
Mariensiel
Innenhafen
Banter See
Stenkentief
Ahne
Dose
Sande
Bordumer Tief
Stollhammer Watt
Jappensand
Ems-Jade-Kanal
Cäciliengroden
Sander Watt
Friedeburger Tief
Neustadtgodens
Etzel
Vareler Fahrwasser
Schweiburger Balje
Vareler Tief
Seefelder Watt
Bockhorner Watt
Horsten
Ellens
29
Dangast
Ellenserdammersiel
Vareler Watt
Bohlenberge
Driefel
Schweiburger Watt
Zetel
Zetel
Bohlenbergerfeld
Steinhausen
Dangastermoor
Ravenbüschen
437
Klein Schweinebrück
Kranenkamp
Winkelsheide
Langendamm
Schweinebrück
Ruttel
Borgstede
Varel
Bockhorn
437
437
Neuenburg
437
Seghorn
Diekmannshausen
Süderschweiburg
Streek
Neuenburgerfeld
Osterforde
Obenstrohe
Büppel
Grabstede
Astederfeld
Altjührden
Jade

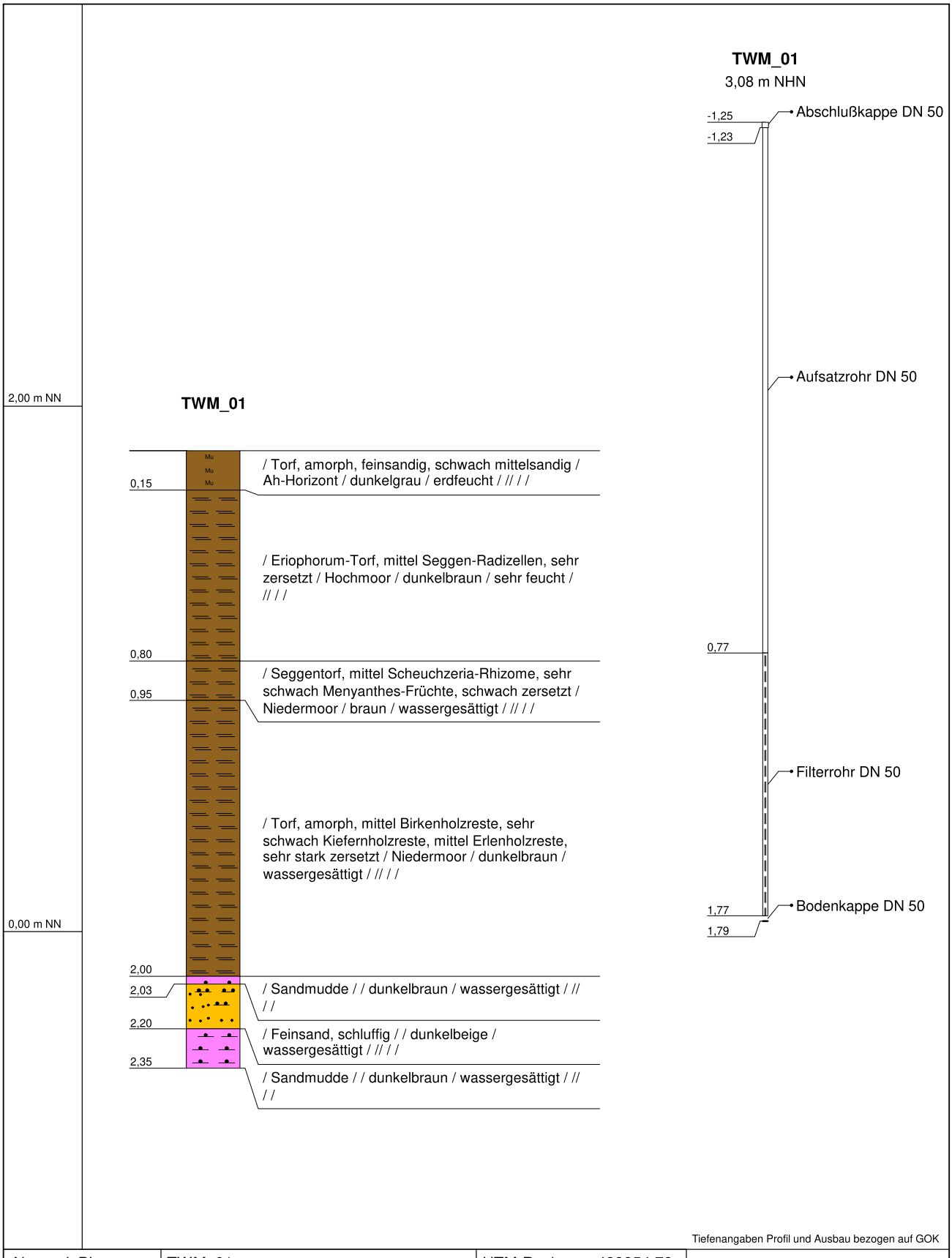

B-Plan Nr. 196 (3,75 ha)
Twickelser Graben
Pufferfläche (6,6 ha)
Teilbereich 1 (33,0 ha)
Teilbereich 2 (10,3 ha)


B-Plan Nr. 196 (3,75 ha)
Pufferfläche (6,6 ha)
Teilbereich 1 (33,0 ha)
Twickelser Graben
Teilbereich 2 (10,3 ha)

MoHa089
MoHa090
B12
MoHa091
MoHb55
MoHb56
B14
GWMs 02 f
TWM 03
B11
MoHb57
MoHa077
ILP O5
MoHb59
MoHb44
PASS 092
PASS 090
B13
TWM 06
TWM 02
MoHa097
PASS 097
B15
PASS 092
PASS 096
TWM 04
MoHb64
MoHa135
B10
PASS 093
PASS 095
TWM 01
MoHa096
MoHa098
ILP 5H
PASS 094
GW 68
B8
B9
B2
B1
Twickelser Graben
K100
K 97
B3
GW 9
K99
TWM 05
B4
B7

# Anlage 5.1

Bohrprofile der Bohrungen und
Torfwassermessstellen

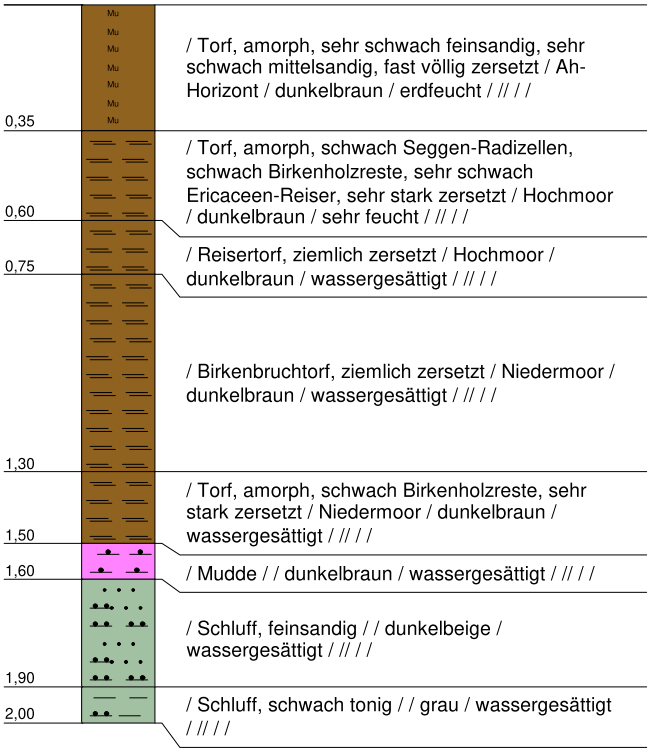


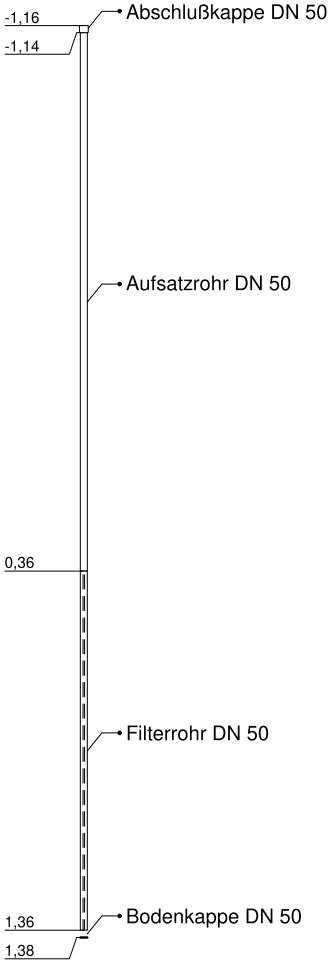

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | TWM_01 | UTM-Rechtsw.: 439954,78 | INGENIEURBÜRO LINNEMANN<br>BODEN \| WASSER \| ABFALL \| TIEFBAU \| ERSCHLIESSUNG |
| Auftraggeber | PV-Anlage Tangermoorweg GmbH | UTM-Hochw.: 5919009,68 | |
| Projekt | 2749_PV-Anlage Tangermoorweg | Höhe mNHN: 1,83 | |
| Autor | ILP / JHB | Datum: 30.11.2022 | |
| Bohrfirma | ILP | Maßstab : 1:20 | |

**1,88**
m NHN

**TWM_02**



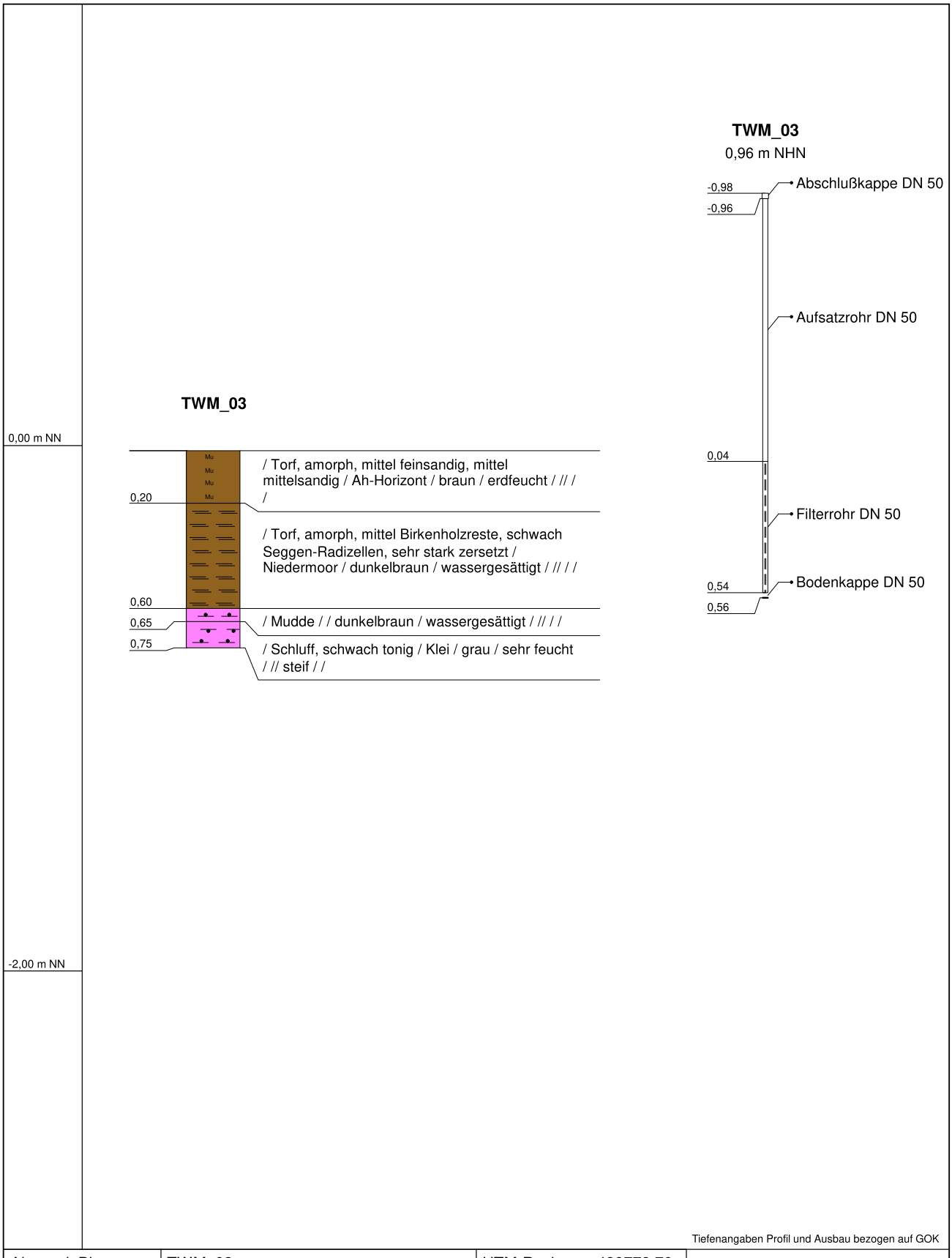




-1,00 m NN

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | TWM_02 | UTM-Rechtsw.: 439872,08 | |
| Auftraggeber | PV-Anlage Tangermoorweg GmbH | UTM-Hochw.: 5919148,66 | |
| Projekt | 2749_PV-Anlage Tangermoorweg | Höhe mNHN: 0,72 | |
| Autor | ILP / JHB | Datum: 30.11.2022 | |
| Bohrfirma | ILP | Maßstab : 1:20 | |

INGENIEURBÜRO LINNEMANN
BODEN | WASSER | ABFALL | TIEFBAU | ERSCHLIESSUNG

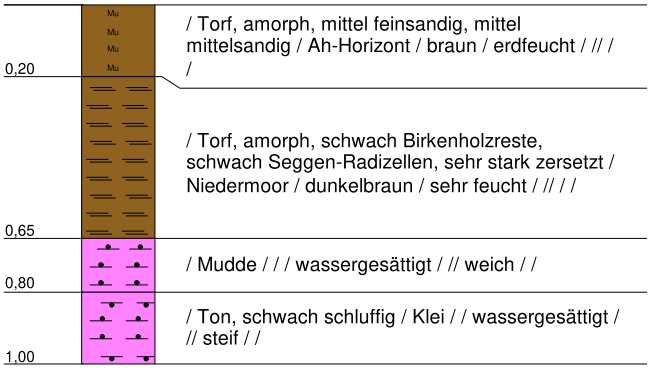



Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | TWM_03 | UTM-Rechtsw.: 439778,70 | |
| Auftraggeber | PV-Anlage Tangermoorweg GmbH | UTM-Hochw.: 5919268,92 | |
| Projekt | 2749_PV-Anlage Tangermoorweg | Höhe mNHN: -0,02 | |
| Autor | ILP / JHB | Datum: 30.11.2022 | |
| Bohrfirma | ILP | Maßstab : 1:20 | |

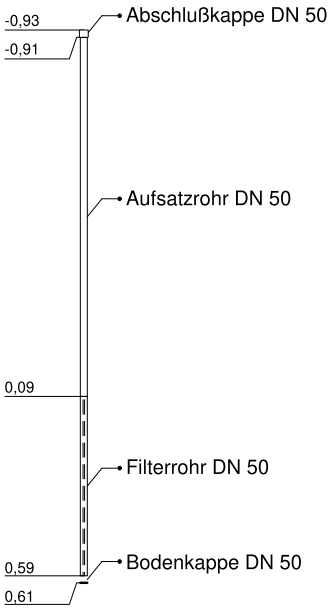
INGENIEURBÜRO LINNEMANN
BODEN | WASSER | ABFALL | TIEFBAU | ERSCHLIESSUNG

**TWM_04**




**TWM_04**

0,92 m NHN



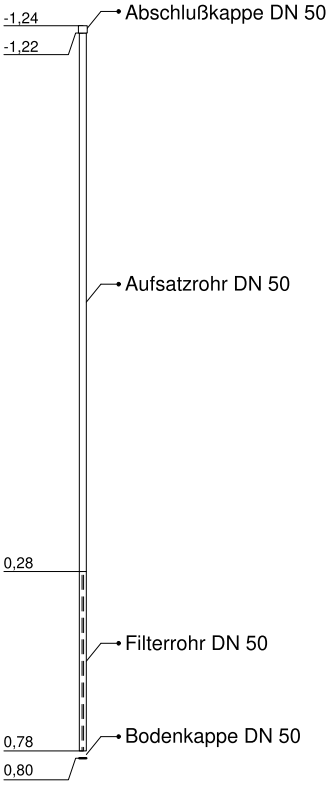

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | TWM_04 | UTM-Rechtsw.: 439620,05 | |
| Auftraggeber | PV-Anlage Tangermoorweg GmbH | UTM-Hochw.: 5919085,79 | |
| Projekt | 2749_PV-Anlage Tangermoorweg | Höhe mNHN: -0,01 | |
| Autor | ILP / JHB | Datum: 30.11.2022 | |
| Bohrfirma | ILP | Maßstab : 1:20 | |

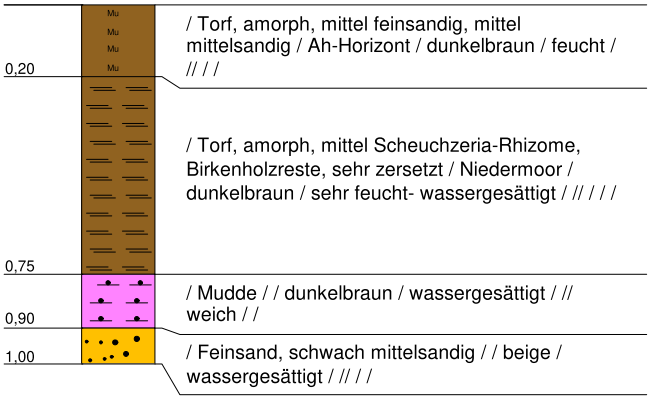
INGENIEURBÜRO LINNEMANN
BODEN | WASSER | ABFALL | TIEFBAU | ERSCHLIESSUNG

**TWM_05**

2,0 m NHN




**TWM_05**

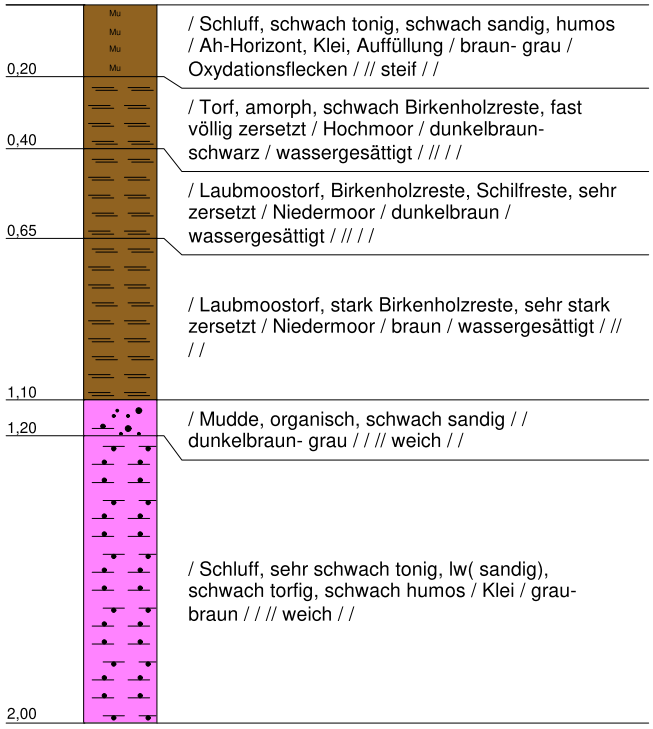


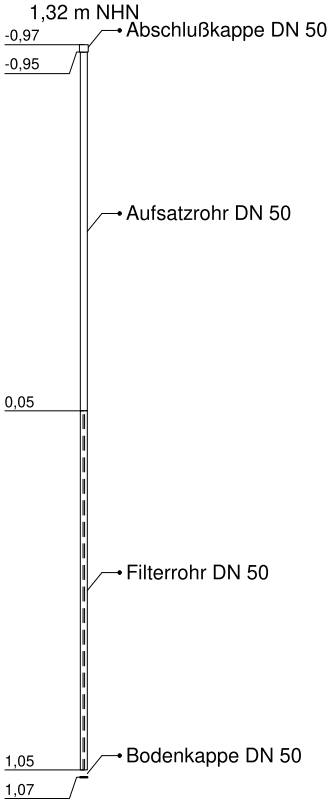

-1,00 m NN

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | TWM_05 | UTM-Rechtsw.: 439862,24 | INGENIEURBÜRO LINNEMANN<br>BODEN \| WASSER \| ABFALL \| TIEFBAU \| ERSCHLIESSUNG |
| Auftraggeber | PV-Anlage Tangermoorweg GmbH | UTM-Hochw.: 5918715,85 | |
| Projekt | 2749_PV-Anlage Tangermoorweg | Höhe mNHN: 0,76 | |
| Autor | ILP / JHB | Datum: 30.11.2022 | |
| Bohrfirma | ILP | Maßstab : 1:20 | |

**TWM_06**



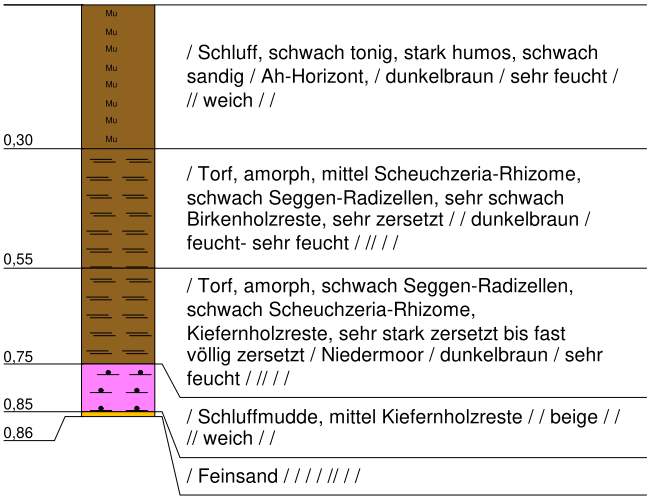




Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | TWM_06 | UTM-Rechtsw.: 439704,97 | |
| Auftraggeber | PV-Anlage Tangermoorweg GmbH | UTM-Hochw.: 5919141,08 | |
| Projekt | 2749_PV-Anlage Tangermoorweg | Höhe mNHN: 0,35 | |
| Autor | ILP / AW | Datum: 30.11.2022 | |
| Bohrfirma | ILP | Maßstab : 1:20 | |

INGENIEURBÜRO LINNEMANN
BODEN | WASSER | ABFALL | TIEFBAU | ERSCHLIESSUNG

**B 1**



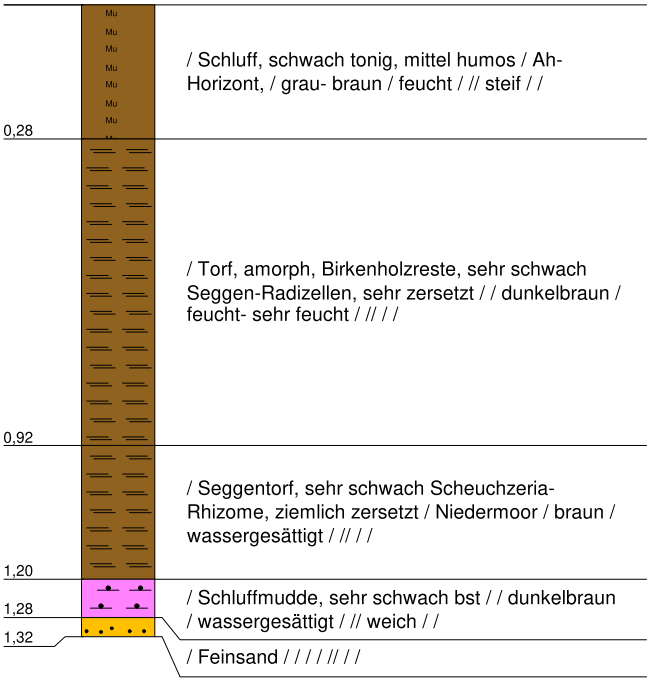

0,00 m NN

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | B 1 | UTM-Rechtsw.: 439887,20 | INGENIEURBÜRO LINNEMANN<br>BODEN \| WASSER \| ABFALL \| TIEFBAU \| ERSCHLIESSUNG |
| Auftraggeber | PV-Anlage Tangermoorweg GmbH | UTM-Hochw.: 5918865,58 | |
| Projekt | 2749_PV-Anlage Tangermoorweg | Höhe mNHN: 1,01 | |
| Autor | ILP / AW | Datum: 30.11.2022 | |
| Bohrfirma | ILP | Maßstab : 1:15 | |

**B 2**

1,00 m NN



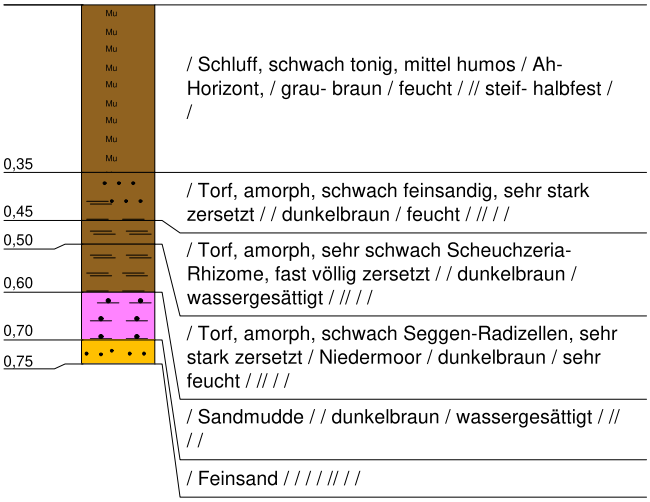

-1,00 m NN

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | B 2 | UTM-Rechtsw.: 440051,69 | INGENIEURBÜRO LINNEMANN<br>BODEN \| WASSER \| ABFALL \| TIEFBAU \| ERSCHLIESSUNG |
| Auftraggeber | PV-Anlage Tangermoorweg GmbH | UTM-Hochw.: 5918889,83 | |
| Projekt | 2749_PV-Anlage Tangermoorweg | Höhe mNHN: 0,96 | |
| Autor | ILP / JHB | Datum: 30.11.2022 | |
| Bohrfirma | ILP | Maßstab : 1:15 | |

1,00 m NN

**B 3**

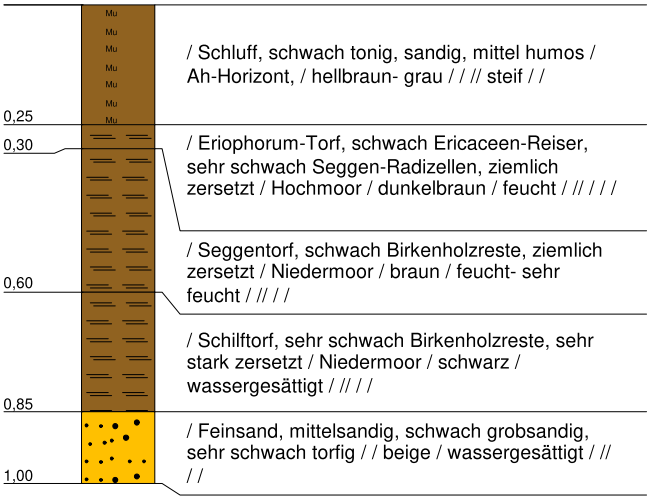



-1,00 m NN

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | B 3 | UTM-Rechtsw.: 440089,43 | INGENIEURBÜRO LINNEMANN<br>BODEN \| WASSER \| ABFALL \| TIEFBAU \| ERSCHLIESSUNG |
| Auftraggeber | PV-Anlage Tangermoorweg GmbH | UTM-Hochw.: 5918748,73 | |
| Projekt | 2749_PV-Anlage Tangermoorweg | Höhe mNHN: 0,94 | |
| Autor | ILP / JHB | Datum: 30.11.2022 | |
| Bohrfirma | ILP | Maßstab : 1:15 | |

**B 4**

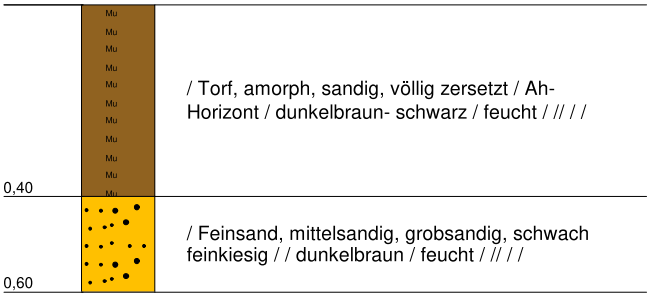



-1,00 m NN

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | B 4 | UTM-Rechtsw.: 439950,83 | INGENIEURBÜRO LINNEMANN<br>BODEN \| WASSER \| ABFALL \| TIEFBAU \| ERSCHLIESSUNG |
| Auftraggeber | PV-Anlage Tangermoorweg GmbH | UTM-Hochw.: 5918718,59 | |
| Projekt | 2749_PV-Anlage Tangermoorweg | Höhe mNHN: 0,74 | |
| Autor | ILP / AW | Datum: 30.11.2022 | |
| Bohrfirma | ILP | Maßstab : 1:15 | |

**B 5**

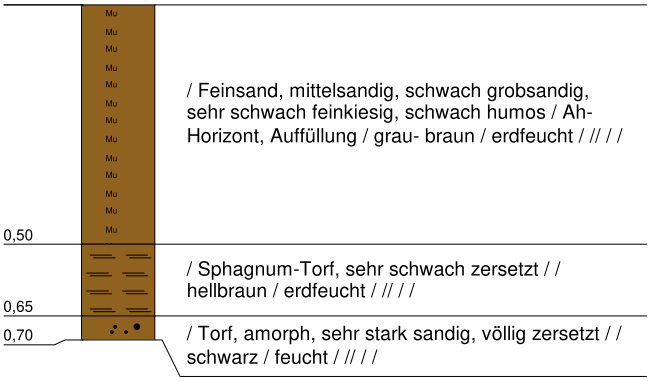



0,00 m NN

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | B 5 | UTM-Rechtsw.: 440060,72 | INGENIEURBÜRO LINNEMANN<br>BODEN \| WASSER \| ABFALL \| TIEFBAU \| ERSCHLIESSUNG |
| Auftraggeber | PV-Anlage Tangermoorweg GmbH | UTM-Hochw.: 5918638,44 | |
| Projekt | 2749_PV-Anlage Tangermoorweg | Höhe mNHN: 1,12 | |
| Autor | ILP / AW | Datum: 30.11.2022 | |
| Bohrfirma | ILP | Maßstab : 1:15 | |

**B 6**

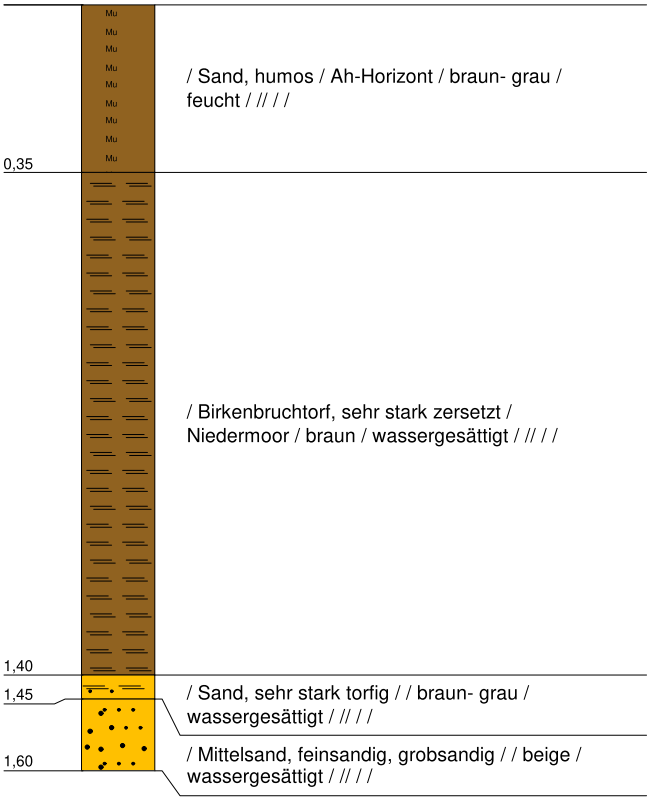



0,00 m NN

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | B 6 | UTM-Rechtsw.: 439863,25 | INGENIEURBÜRO LINNEMANN<br>BODEN \| WASSER \| ABFALL \| TIEFBAU \| ERSCHLIESSUNG |
| Auftraggeber | PV-Anlage Tangermoorweg GmbH | UTM-Hochw.: 5918633,02 | |
| Projekt | 2749_PV-Anlage Tangermoorweg | Höhe mNHN: 1,49 | |
| Autor | ILP / AW | Datum: 30.11.2022 | |
| Bohrfirma | ILP | Maßstab : 1:15 | |

**B 7**

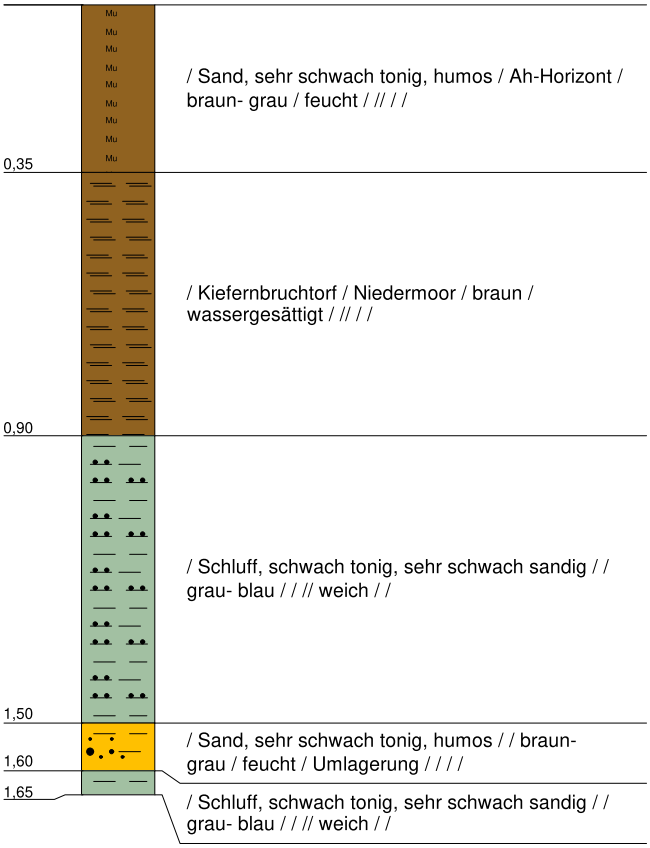



-1,00 m NN

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | B 7 | UTM-Rechtsw.: 439805,05 | INGENIEURBÜRO LINNEMANN<br>BODEN \| WASSER \| ABFALL \| TIEFBAU \| ERSCHLIESSUNG |
| Auftraggeber | PV-Anlage Tangermoorweg GmbH | UTM-Hochw.: 5918690,01 | |
| Projekt | 2749_PV-Anlage Tangermoorweg | Höhe mNHN: 0,76 | |
| Autor | ILP / AW | Datum: 30.11.2022 | |
| Bohrfirma | ILP | Maßstab : 1:15 | |

**B 8**




Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | B 8 | UTM-Rechtsw.: 439560,04 | INGENIEURBÜRO LINNEMANN<br>BODEN \| WASSER \| ABFALL \| TIEFBAU \| ERSCHLIESSUNG |
| Auftraggeber | PV-Anlage Tangermoorweg GmbH | UTM-Hochw.: 5918920,46 | |
| Projekt | 2749_PV-Anlage Tangermoorweg | Höhe mNHN: 0,43 | |
| Autor | ILP / AW | Datum: 30.11.2022 | |
| Bohrfirma | ILP | Maßstab : 1:15 | |

**B 9**

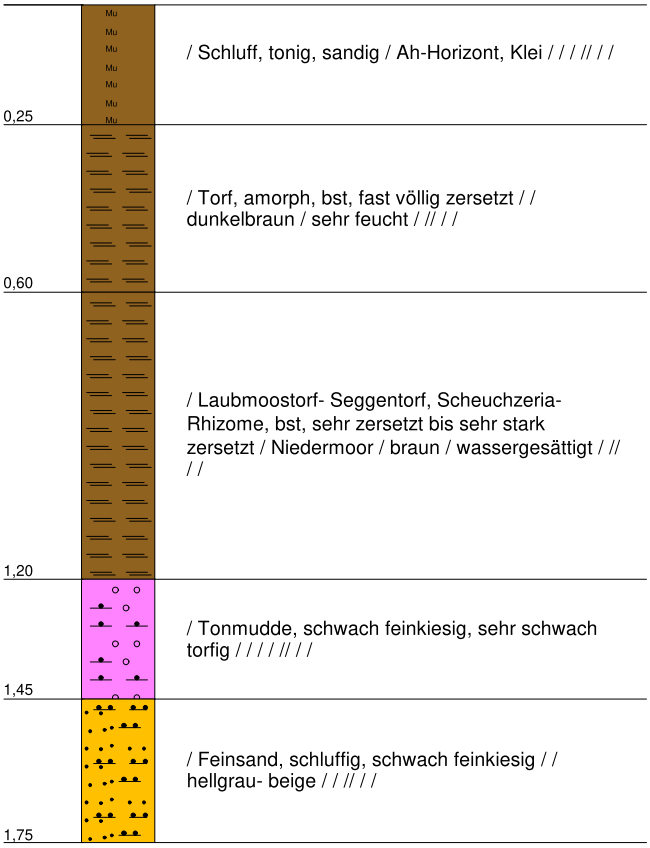
| | |
|---|---|
| 0,00 m NN | |
| 0,55 | / Feinsand, schwach mittelsandig, schwach grobsandig, humos / Ah-Horizont, Auffüllung / grau- braun / feucht / // / / |
| 0,65 | / Torf, amorph, völlig zersetzt / / schwarz / / // / / |
| 0,80 | / Feinsand, schwach mittelsandig, schwach grobsandig, humos / Auffüllung / / / // / / |
| 1,00 | / Feinsand, sehr stark schluffig, sehr schwach kiesig / / hellbeige / sehr feucht, schwach Oxydationsflecken / // / / |

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | B 9 | UTM-Rechtsw.: 439602,43 | INGENIEURBÜRO LINNEMANN<br>BODEN \| WASSER \| ABFALL \| TIEFBAU \| ERSCHLIESSUNG |
| Auftraggeber | PV-Anlage Tangermoorweg GmbH | UTM-Hochw.: 5918893,73 | |
| Projekt | 2749_PV-Anlage Tangermoorweg | Höhe mNHN: 1,09 | |
| Autor | ILP / AW | Datum: 30.11.2022 | |
| Bohrfirma | ILP | Maßstab : 1:15 | |

1,00 m NN

## B 10

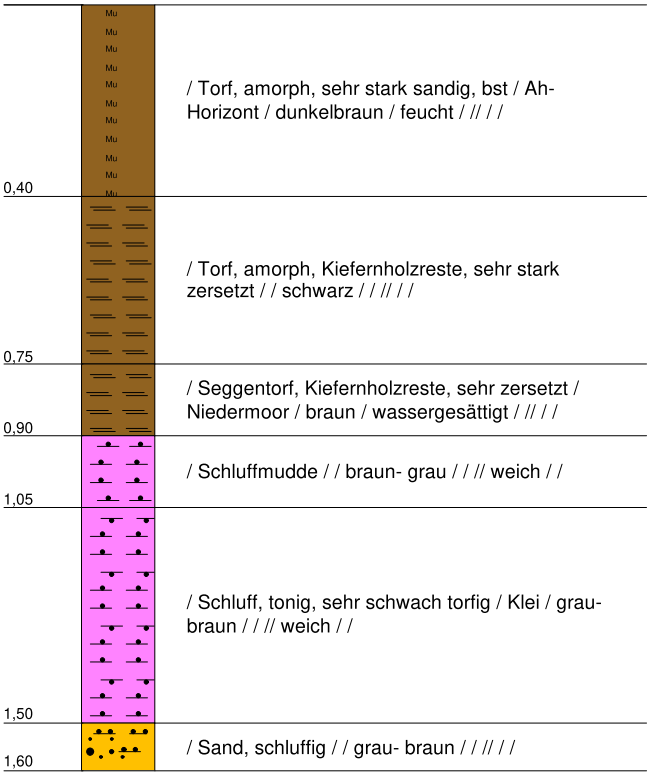



-1,00 m NN

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | B 10 | UTM-Rechtsw.: 439794,08 | INGENIEURBÜRO LINNEMANN<br>BODEN \| WASSER \| ABFALL \| TIEFBAU \| ERSCHLIESSUNG |
| Auftraggeber | PV-Anlage Tangermoorweg GmbH | UTM-Hochw.: 5919049,14 | |
| Projekt | 2749_PV-Anlage Tangermoorweg | Höhe mNHN: 0,86 | |
| Autor | ILP / AW | Datum: 30.11.2022 | |
| Bohrfirma | ILP | Maßstab : 1:15 | |

**B 11**

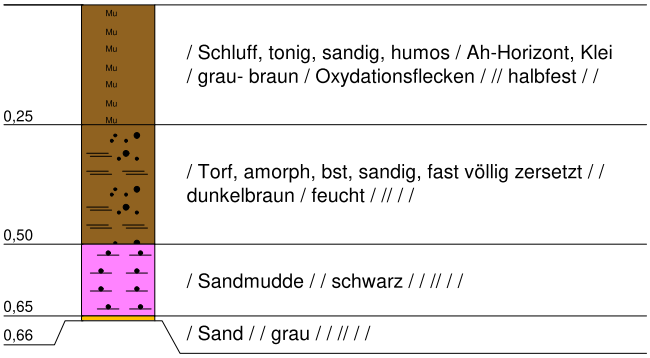



-1,00 m NN

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | B 11 | UTM-Rechtsw.: 439905,56 | INGENIEURBÜRO LINNEMANN<br>BODEN \| WASSER \| ABFALL \| TIEFBAU \| ERSCHLIESSUNG |
| Auftraggeber | PV-Anlage Tangermoorweg GmbH | UTM-Hochw.: 5919287,59 | |
| Projekt | 2749_PV-Anlage Tangermoorweg | Höhe mNHN: 0,25 | |
| Autor | ILP / AW | Datum: 30.11.2022 | |
| Bohrfirma | ILP | Maßstab : 1:15 | |

**B 12**

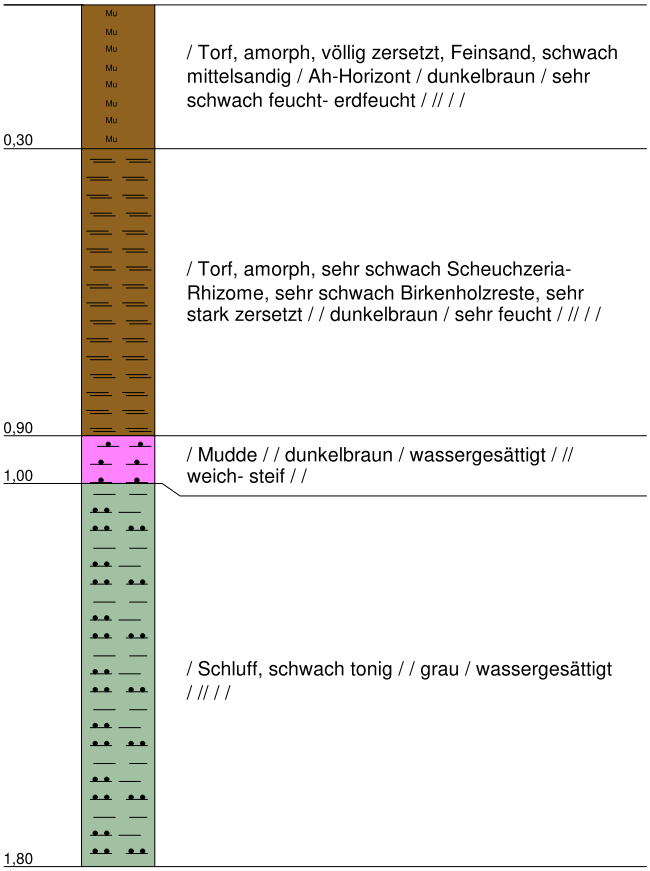



-1,00 m NN

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | B 12 | UTM-Rechtsw.: 439814,45 | INGENIEURBÜRO LINNEMANN<br>BODEN \| WASSER \| ABFALL \| TIEFBAU \| ERSCHLIESSUNG |
| Auftraggeber | PV-Anlage Tangermoorweg GmbH | UTM-Hochw.: 5919467,67 | |
| Projekt | 2749_PV-Anlage Tangermoorweg | Höhe mNHN: 0,03 | |
| Autor | ILP / AW | Datum: 30.11.2022 | |
| Bohrfirma | ILP | Maßstab : 1:15 | |

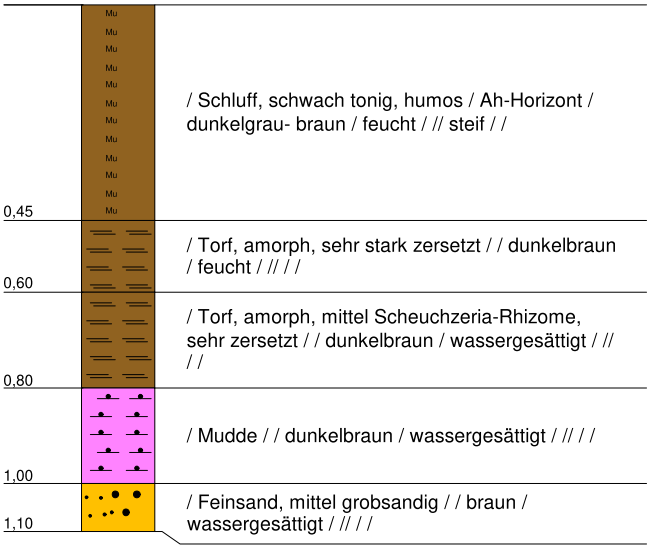
**B 13**




Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | B 13 | UTM-Rechtsw.: 439603,24 | INGENIEURBÜRO LINNEMANN<br>BODEN \| WASSER \| ABFALL \| TIEFBAU \| ERSCHLIESSUNG |
| Auftraggeber | PV-Anlage Tangermoorweg GmbH | UTM-Hochw.: 5919164,51 | |
| Projekt | 2749_PV-Anlage Tangermoorweg | Höhe mNHN: 0,4 | |
| Autor | ILP / JHB | Datum: 30.11.2022 | |
| Bohrfirma | ILP | Maßstab : 1:15 | |

**B 14**

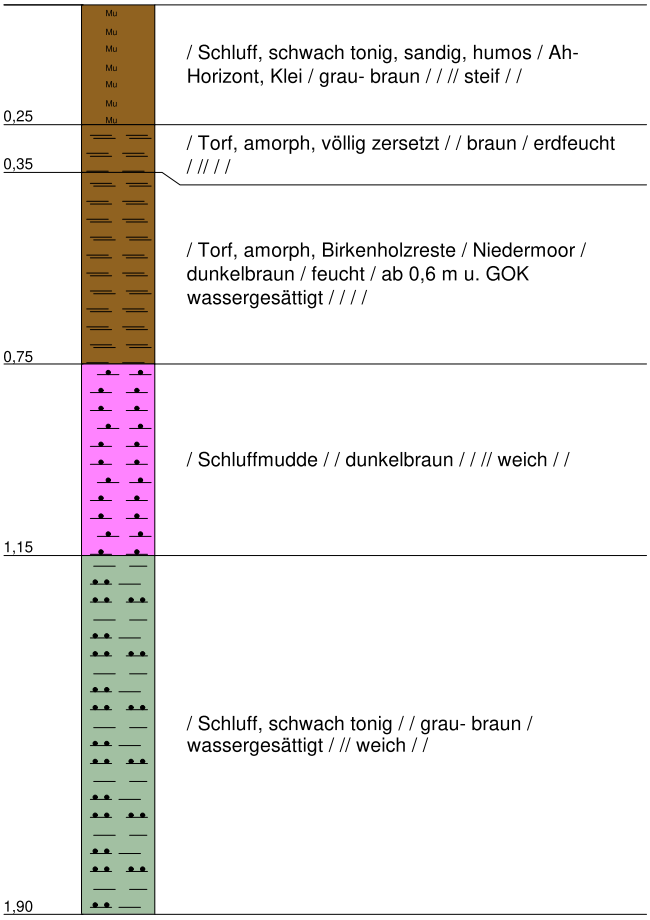



-1,00 m NN

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | B 14 | UTM-Rechtsw.: 439602,16 | INGENIEURBÜRO LINNEMANN<br>BODEN \| WASSER \| ABFALL \| TIEFBAU \| ERSCHLIESSUNG |
| Auftraggeber | PV-Anlage Tangermoorweg GmbH | UTM-Hochw.: 5919335,35 | |
| Projekt | 2749_PV-Anlage Tangermoorweg | Höhe mNHN: 0,15 | |
| Autor | ILP / JHB | Datum: 30.11.2022 | |
| Bohrfirma | ILP | Maßstab : 1:15 | |

**B 15**




-1,00 m NN

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

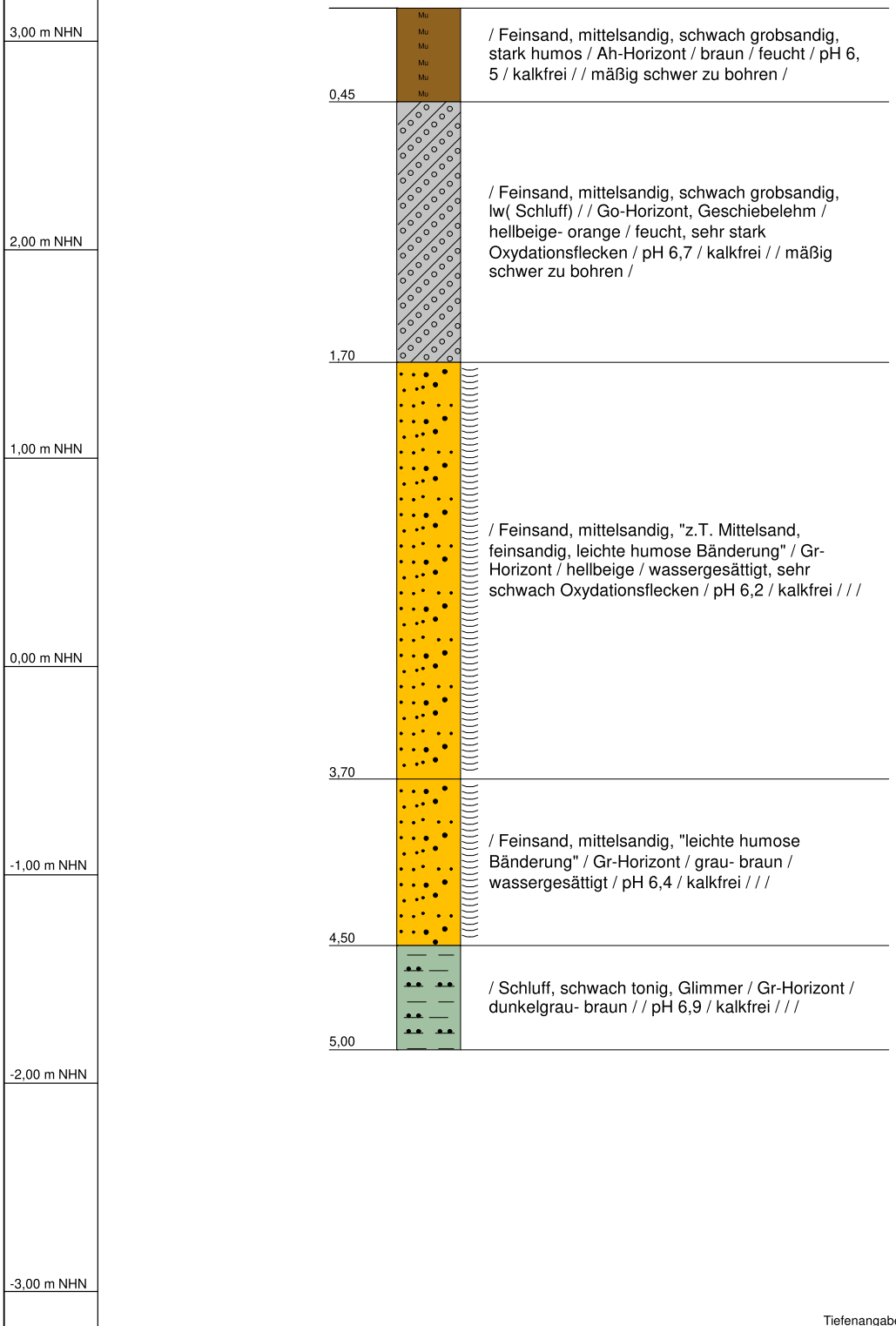
| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | B 15 | UTM-Rechtsw.: 439710,62 | INGENIEURBÜRO LINNEMANN<br>BODEN \| WASSER \| ABFALL \| TIEFBAU \| ERSCHLIESSUNG |
| Auftraggeber | PV-Anlage Tangermoorweg GmbH | UTM-Hochw.: 5919134,32 | |
| Projekt | 2749_PV-Anlage Tangermoorweg | Höhe mNHN: 0,47 | |
| Autor | ILP / AW | Datum: 30.11.2022 | |
| Bohrfirma | ILP | Maßstab : 1:15 | |

# Anlage 5.2

Bohrprofile der

bereits bestehenden Bohrungen

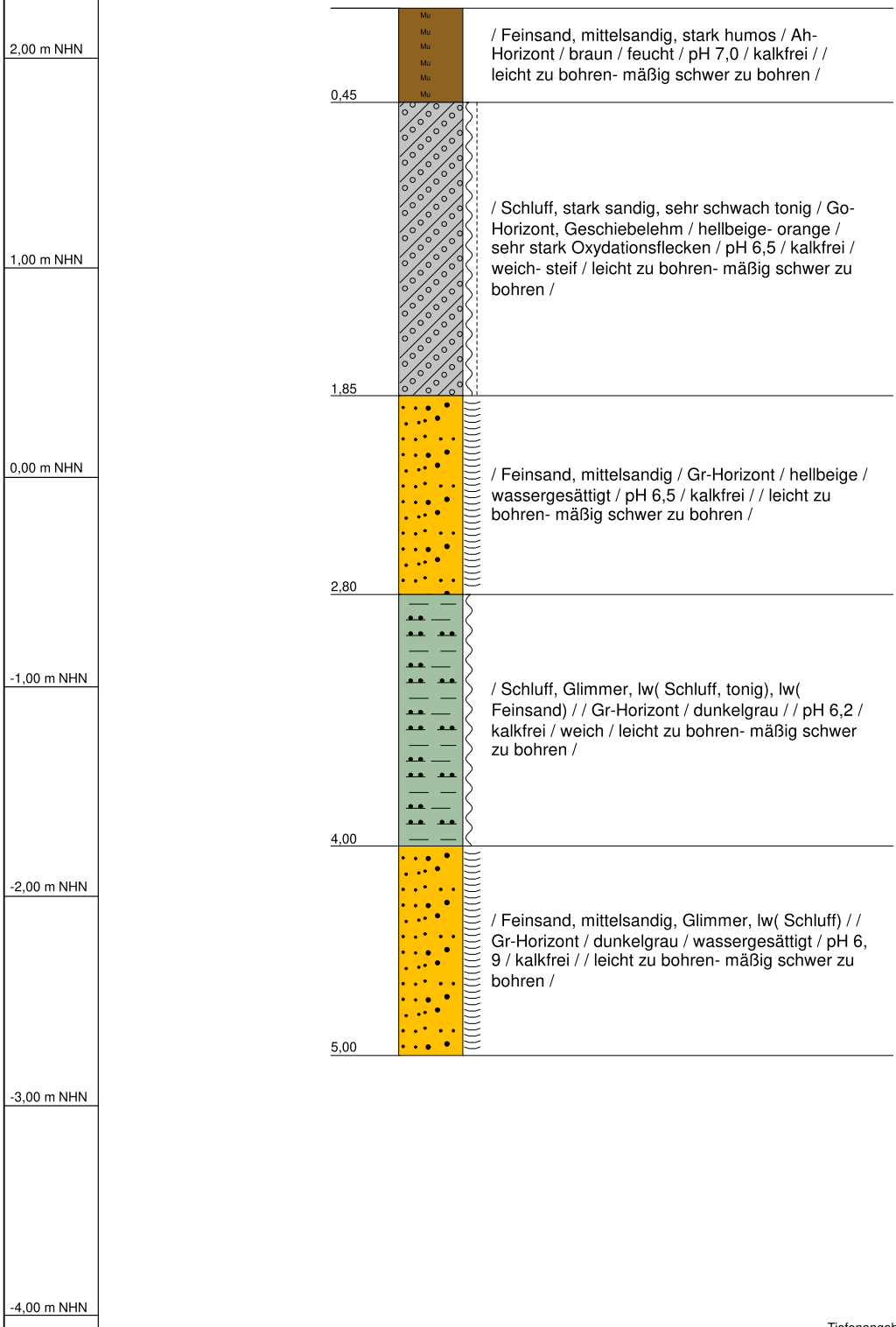
**PASS_091**
3,16 m NHN




Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | PASS_091 | North: 5919235,71 | INGENIEURBÜRO LINNEMANN<br>BODEN \| WASSER \| ABFALL \| TIEFBAU \| ERSCHLIESSUNG |
| Auftraggeber | OOWV | East: 439172,46 | |
| Projekt | 2657_TW-Leitung, Sanderlermöns | Höhe mNHN: 3,16 | |
| Autor | ILP: Adk/AW | Datum: 08.06.2022 | |
| Bohrfirma | Ing.-büro Linnemann | Maßstab : 1:30 | |

**PASS_092**
2,24 m NHN

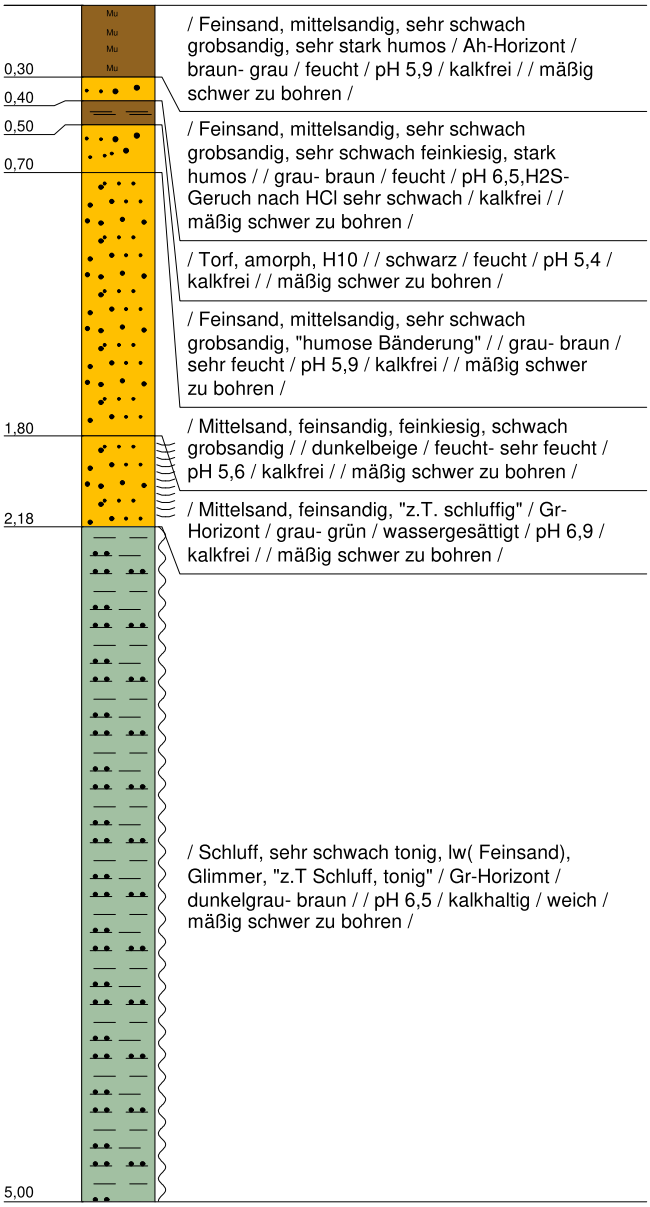



Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | PASS_092 | North: 5919126,21 | |
| Auftraggeber | OOWV | East: 439345,70 | |
| Projekt | 2657_TW-Leitung, Sanderlermöns | Höhe mNHN: 2,24 | |
| Autor | ILP: Adk/AW | Datum: 09.06.2022 | |
| Bohrfirma | Ing.-büro Linnemann | Maßstab : 1:30 | |

INGENIEURBÜRO LINNEMANN
BODEN | WASSER | ABFALL | TIEFBAU | ERSCHLIESSUNG

**PASS_093**
0,73 m NHN




/ Feinsand, mittelsandig, sehr schwach grobsandig, sehr stark humos / Ah-Horizont / braun- grau / feucht / pH 5,9 / kalkfrei / / mäßig schwer zu bohren /

/ Feinsand, mittelsandig, sehr schwach grobsandig, sehr schwach feinkiesig, stark humos / / grau- braun / feucht / pH 6,5,H2S-Geruch nach HCl sehr schwach / kalkfrei / / mäßig schwer zu bohren /

/ Torf, amorph, H10 / / schwarz / feucht / pH 5,4 / kalkfrei / / mäßig schwer zu bohren /

/ Feinsand, mittelsandig, sehr schwach grobsandig, "humose Bänderung" / / grau- braun / sehr feucht / pH 5,9 / kalkfrei / / mäßig schwer zu bohren /

/ Mittelsand, feinsandig, feinkiesig, schwach grobsandig / / dunkelbeige / feucht- sehr feucht / pH 5,6 / kalkfrei / / mäßig schwer zu bohren /

/ Mittelsand, feinsandig, "z.T. schluffig" / Gr-Horizont / grau- grün / wassergesättigt / pH 6,9 / kalkfrei / / mäßig schwer zu bohren /

/ Schluff, sehr schwach tonig, lw( Feinsand), Glimmer, "z.T Schluff, tonig" / Gr-Horizont / dunkelgrau- braun / / pH 6,5 / kalkhaltig / weich / mäßig schwer zu bohren /

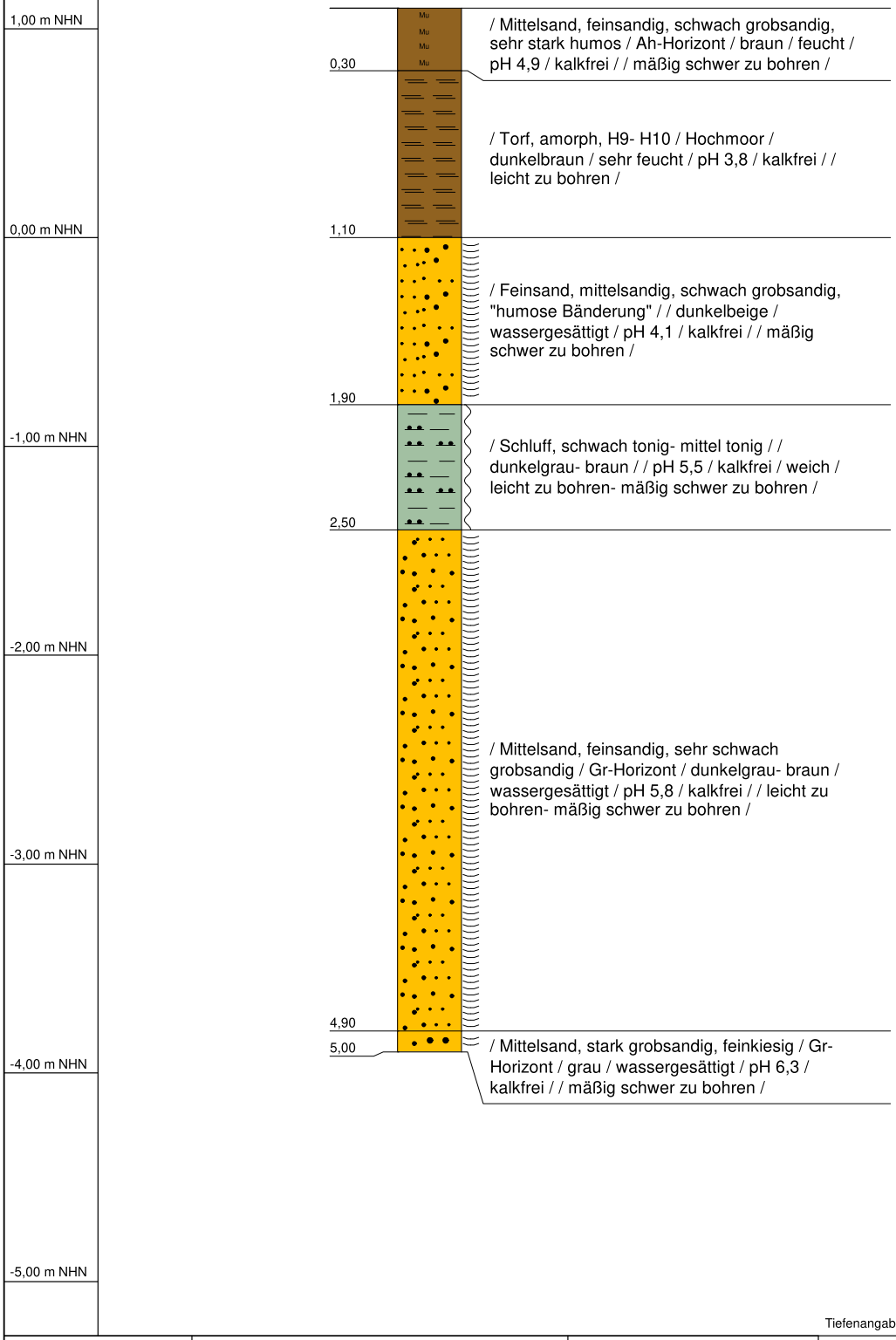
1,00 m NHN
0,00 m NHN
-1,00 m NHN
-2,00 m NHN
-3,00 m NHN
-4,00 m NHN
-5,00 m NHN

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | PASS_093 | North: 5919038,23 | |
| Auftraggeber | OOWV | East: 439512,30 | |
| Projekt | 2657_TW-Leitung, Sanderlermöns | Höhe mNHN: 0,73 | |
| Autor | ILP: Adk/AW | Datum: 09.06.2022 | |
| Bohrfirma | Ing.-büro Linnemann | Maßstab : 1:30 | |

INGENIEURBÜRO LINNEMANN
BODEN | WASSER | ABFALL | TIEFBAU | ERSCHLIESSUNG

**PASS_094**
1,10 m NHN

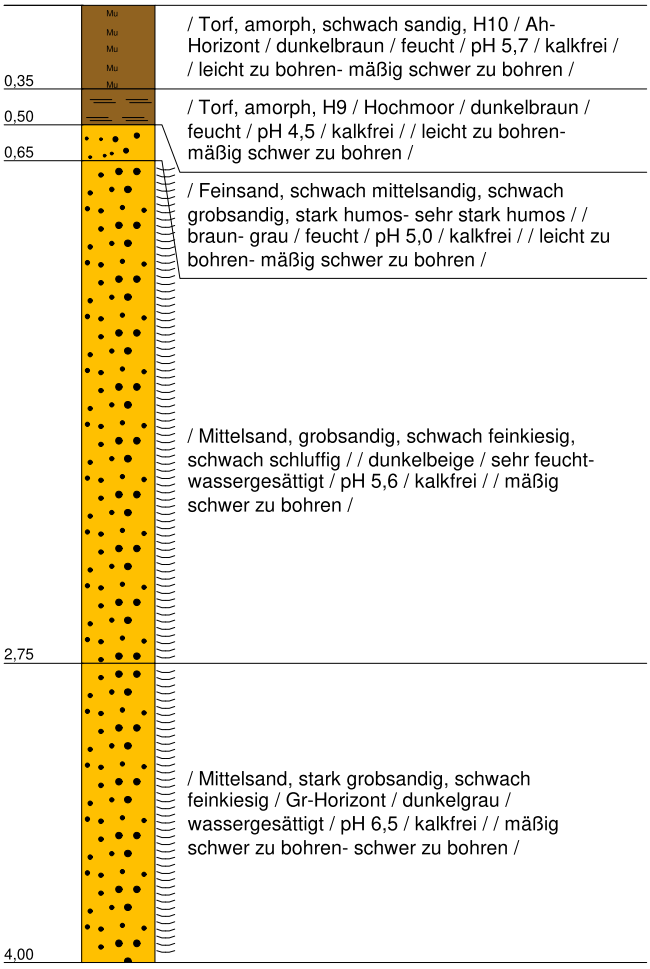



Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | PASS_094 | North: 5918950,01 | |
| Auftraggeber | OOWV | East: 439681,83 | |
| Projekt | 2657_TW-Leitung, Sanderlermöns | Höhe mNHN: 1,1 | |
| Autor | ILP: Adk/AW | Datum: 09.06.2022 | |
| Bohrfirma | Ing.-büro Linnemann | Maßstab : 1:30 | |

INGENIEURBÜRO LINNEMANN
BODEN | WASSER | ABFALL | TIEFBAU | ERSCHLIESSUNG

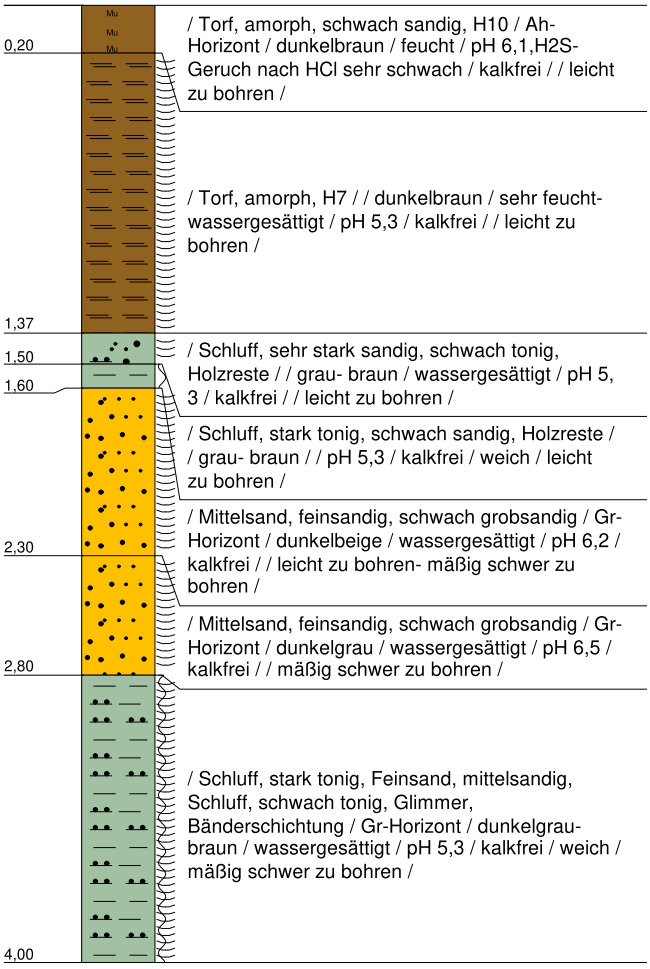
**PASS_095**
0,75 m NHN




Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | PASS_095 | North: 5919014,24 | INGENIEURBÜRO LINNEMANN<br>BODEN \| WASSER \| ABFALL \| TIEFBAU \| ERSCHLIESSUNG |
| Auftraggeber | OOWV | East: 439859,56 | |
| Projekt | 2657_TW-Leitung, Sanderlermöns | Höhe mNHN: 0,75 | |
| Autor | ILP: Adk/AW | Datum: 09.06.2022 | |
| Bohrfirma | Ing.-büro Linnemann | Maßstab : 1:30 | |

**PASS_096**
0,62 m NHN

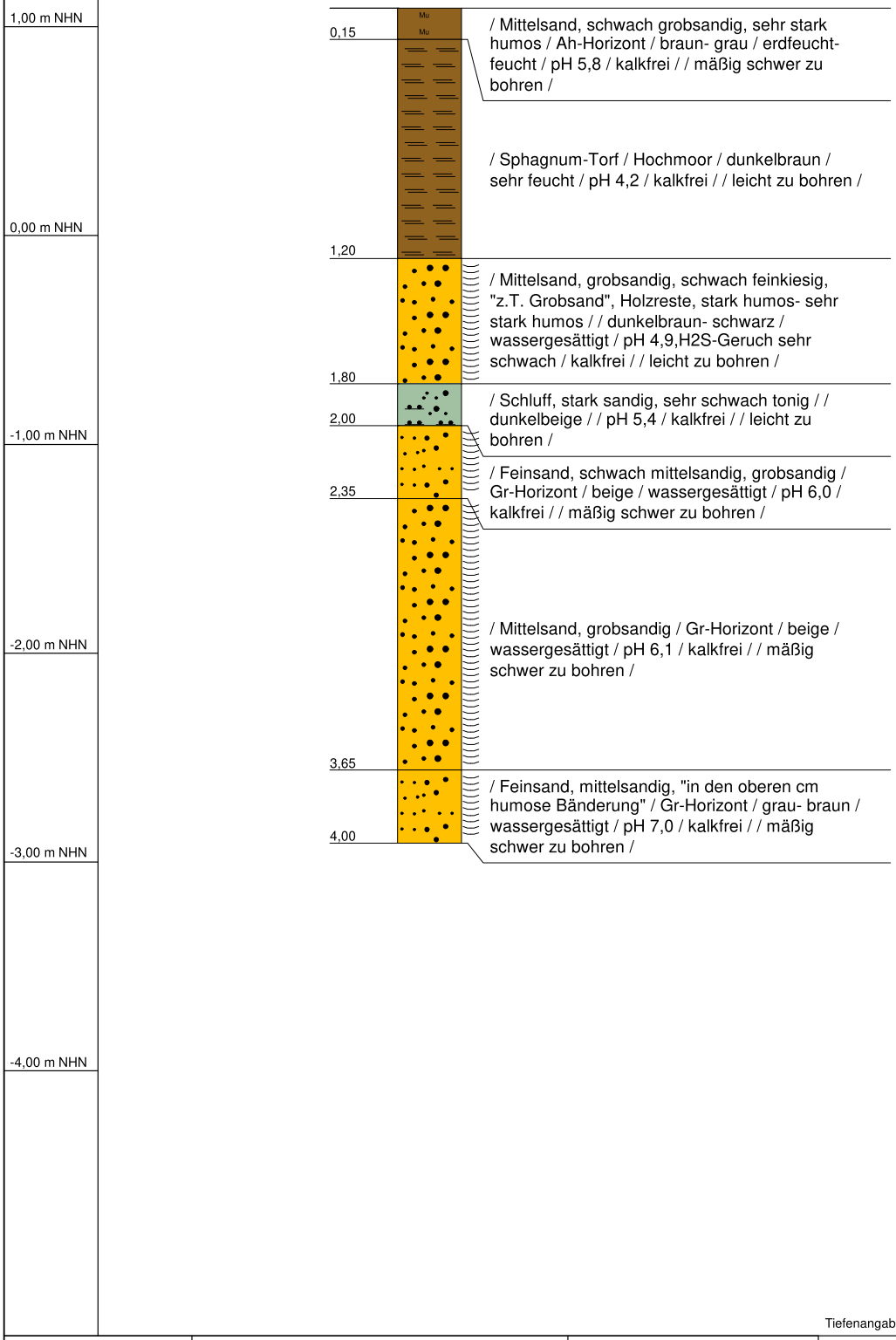



Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | PASS_096 | North: 5919107,44 | |
| Auftraggeber | OOWV | East: 440034,99 | |
| Projekt | 2657_TW-Leitung, Sanderlermöns | Höhe mNHN: 0,62 | |
| Autor | ILP: Adk/AW | Datum: 09.06.2022 | |
| Bohrfirma | Ing.-büro Linnemann | Maßstab : 1:30 | |

INGENIEURBÜRO LINNEMANN
BODEN | WASSER | ABFALL | TIEFBAU | ERSCHLIESSUNG

**PASS_097**
1,09 m NHN



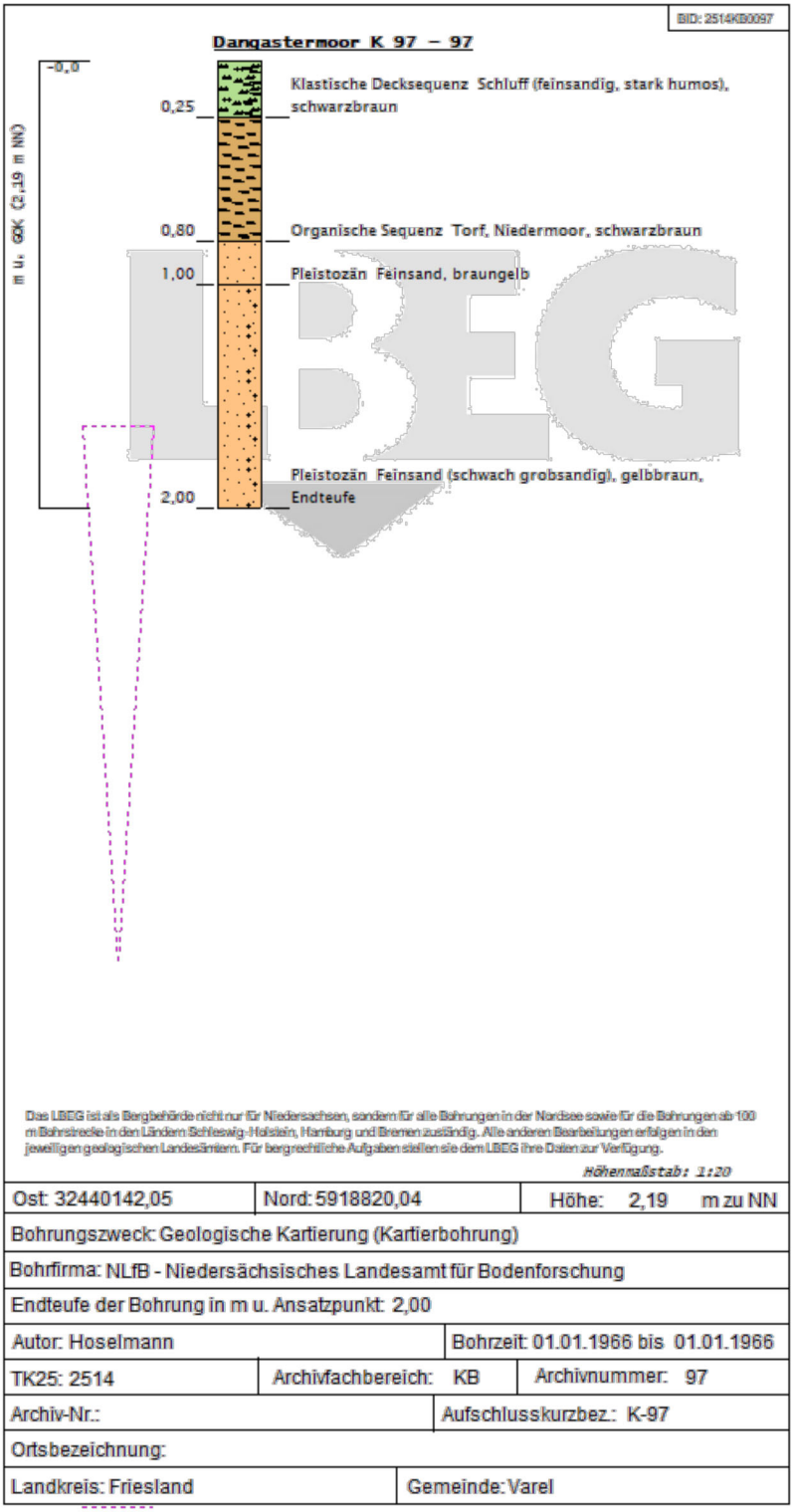

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | PASS_097 | North: 5919168,31 | |
| Auftraggeber | OOWV | East: 440218,89 | |
| Projekt | 2657_TW-Leitung, Sanderlermöns | Höhe mNHN: 1,09 | |
| Autor | ILP: Adk/AW | Datum: 14.06.2022 | |
| Bohrfirma | Ing.-büro Linnemann | Maßstab : 1:30 | |

INGENIEURBÜRO LINNEMANN
BODEN | WASSER | ABFALL | TIEFBAU | ERSCHLIESSUNG

# Bohrprofile

Bohrung 2514KB0097 im Massstab 1 : 20 neu anfordern



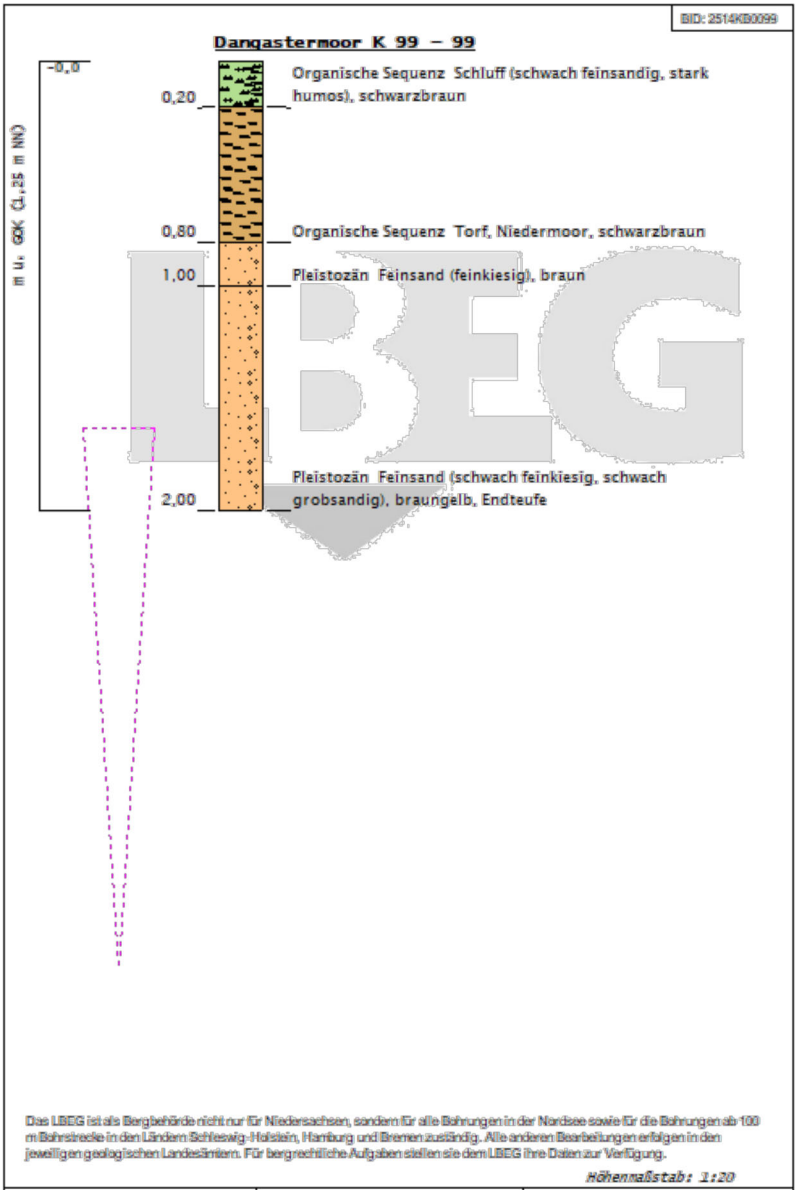

Blatt 1

Erstellt mit GeoDin am 10.11.2022 12:39:52

| | | |
|---|---|---|
| Ost: 32440142,05 | Nord: 5918820,04 | Höhe: 2,19 m zu NN |
| Bohrungszweck: Geologische Kartierung (Kartierbohrung) | | |
| Bohrfirma: NLfB - Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung | | |
| Endteufe der Bohrung in m u. Ansatzpunkt: 2,00 | | |
| Autor: Hoselmann | | Bohrzeit: 01.01.1966 bis 01.01.1966 |
| TK25: 2514 | Archivfachbereich: KB | Archivnummer: 97 |
| Archiv-Nr.: | | Aufschlusskurzbez.: K-97 |
| Ortsbezeichnung: | | |
| Landkreis: Friesland | | Gemeinde: Varel |

# Bohrprofile

Bohrung 2514KB0099 im Massstab 1 : 20 neu anfordern



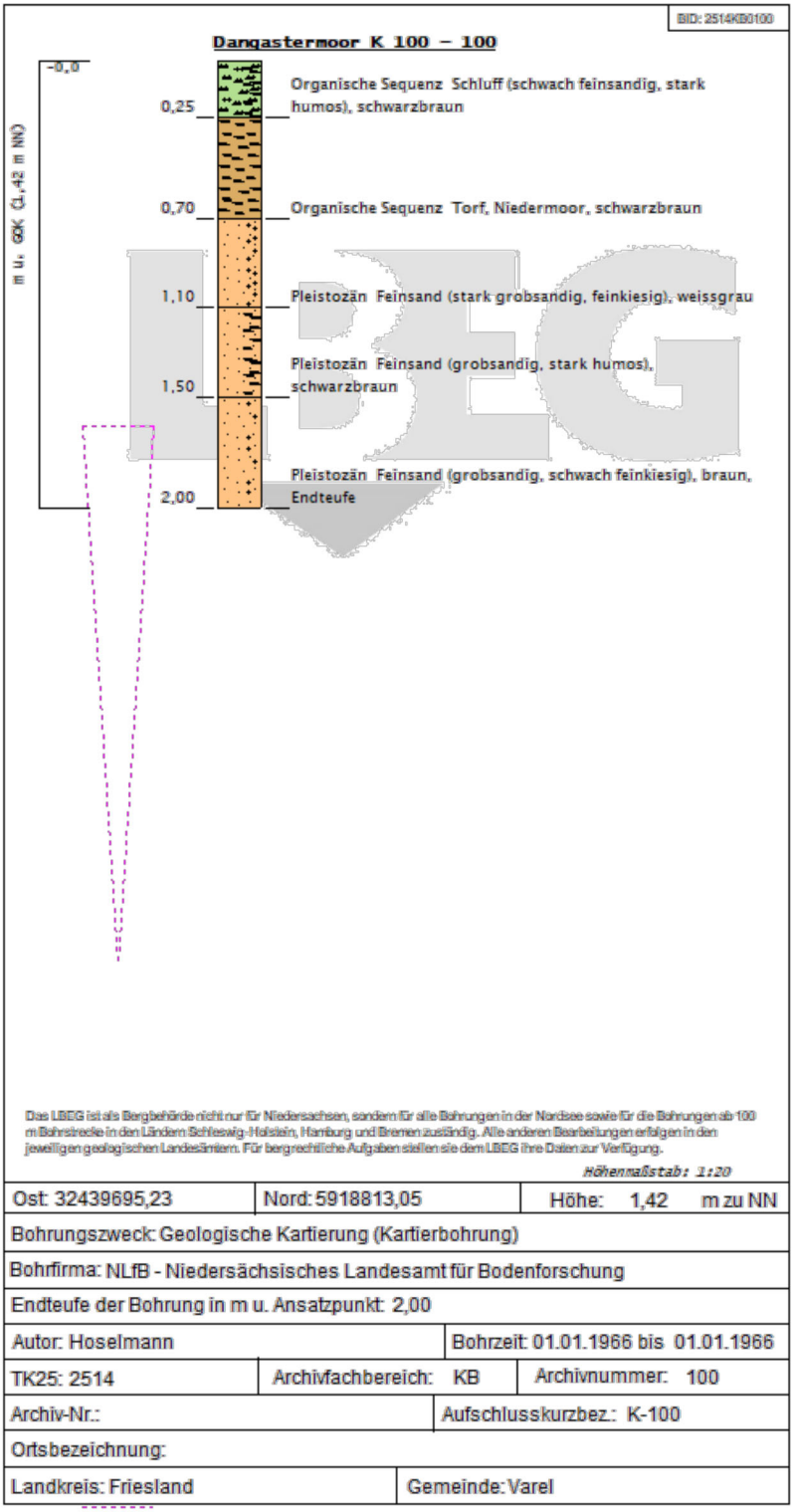

Blatt 1

Erstellt mit GeoDin am 10.11.2022 12:39:02

| | | |
|---|---|---|
| Ost: 32439830,17 | Nord: 5918722,08 | Höhe: 1,25 m zu NN |
| Bohrungszweck: Geologische Kartierung (Kartierbohrung) | | |
| Bohrfirma: NLfB - Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung | | |
| Endteufe der Bohrung in m u. Ansatzpunkt: 2,00 | | |
| Autor: Hoselmann | | Bohrzeit: 01.01.1966 bis 01.01.1966 |
| TK25: 2514 | Archivfachbereich: KB | Archivnummer: 99 |
| Archiv-Nr.: | | Aufschlusskurzbez.: K-99 |
| Ortsbezeichnung: | | |
| Landkreis: Friesland | | Gemeinde: Varel |

# Bohrprofile

Bohrung 2514KB0100 im Massstab 1 : 20 neu anfordern

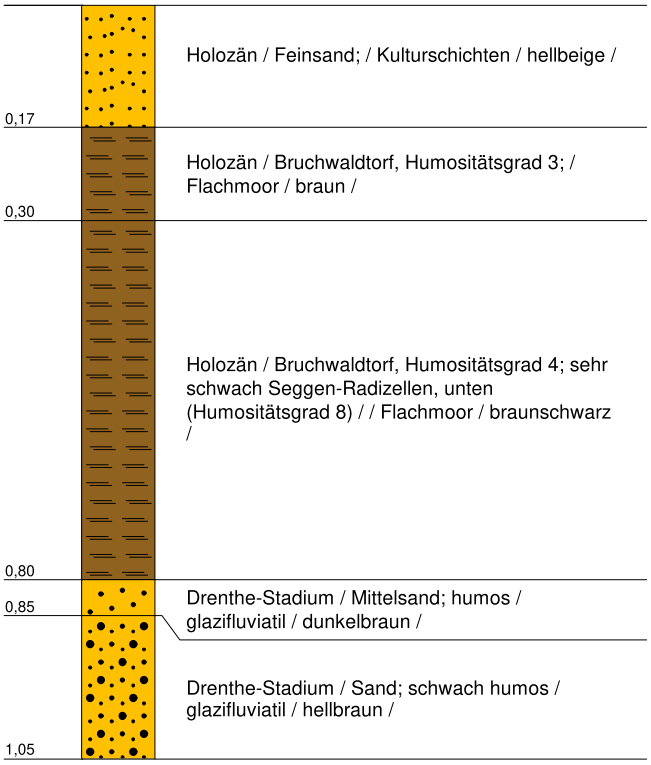



Blatt 1

Erstellt mit GeoDin am 10.11.2022 12:36:29

| | | |
|---|---|---|
| Ost: 32439695,23 | Nord: 5918813,05 | Höhe: 1,42 m zu NN |
| Bohrungszweck: Geologische Kartierung (Kartierbohrung) | | |
| Bohrfirma: NLfB - Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung | | |
| Endteufe der Bohrung in m u. Ansatzpunkt: 2,00 | | |
| Autor: Hoselmann | | Bohrzeit: 01.01.1966 bis 01.01.1966 |
| TK25: 2514 | Archivfachbereich: KB | Archivnummer: 100 |
| Archiv-Nr.: | | Aufschlusskurzbez.: K-100 |
| Ortsbezeichnung: | | |
| Landkreis: Friesland | | Gemeinde: Varel |

**MoHb44**
0,72 m NHN




0,00 m NHN

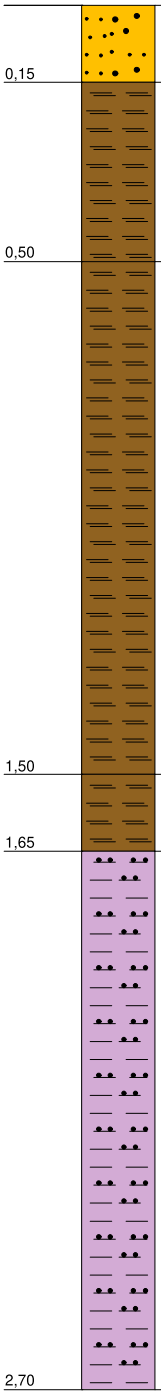
-1,00 m NHN

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | MoHb44 | RW: 440129,5 | |
| Endteufe | 1,05 | HW: 5919203,3 | |
| Autorin | IPD | Höhe NHN: 0,72 | |
| Bearbeiterin | IPD | Datum: 13.10.2018 | |
| Bohrfirma | GPD | Maßstab : 1:10 | |

Dr. Preiss-Daimler GutachterInnenbüro
Dr. Inga Preiß-Daimler
Zum Sebaldsbrücker Bahnhof 1
28309 Bremen
0421 69 59 78 19
info@preissdaimler.de

**MoHb55**
0,52 m NHN



0,15 — Holozän / Feinsand; sehr schwach mittelsandig, humos / Kulturschichten / braungrau /

0,50 — Holozän / Bruchwaldtorf, Humositätsgrad 4; sehr schwach Seggen-Radizellen / Flachmoor / braunschwarz /

0,00 m NHN

1,50 — Holozän / Erlenbruchwaldtorf, Humositätsgrad 5; sehr schwach Schilfreste, unten (Humositätsgrad 7) / / Flachmoor / rotbraun /

-1,00 m NHN

1,65 — Holozän / Torf, Humositätsgrad 9; / Flachmoor / braunschwarz /

Drenthe-Stadium / Ton; schluffig, oben (humos), lagenweise (sandig), Glimmer / glazifluviatil / dunkelgrau /

-2,00 m NHN

2,70

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | MoHb55 | RW: 440035,4 | Dr. Preiss-Daimler GutachterInnenbüro<br>Dr. Inga Preiß-Daimler<br>Zum Sebaldsbrücker Bahnhof 1<br>28309 Bremen<br>0421 69 59 78 19<br>info@preissdaimler.de |
| Endteufe | 2,7 | HW: 5919348,2 | |
| Autorin | IPD | Höhe NHN: 0,52 | |
| Bearbeiterin | IPD | Datum: 14.10.2018 | |
| Bohrfirma | GPD | Maßstab : 1:14 | |

**MoHb56**
0,82 m NHN

0,15 — Holozän / Feinsand; humos, sehr schwach mittelsandig, sehr schwach grobsandig / Kulturschichten / graubraun /

Holozän / Erlenbruchwaldtorf, Humositätsgrad 5; Holzwurzeln / Flachmoor / dunkelbraun /

0,00 m NHN

1,10 — Holozän / Torf, Humositätsgrad 7; sehr schwach Holz / Flachmoor / schwarzbraun /

1,30 — Drenthe-Stadium / Ton; schluffig, partienweise (feinsandig) / / glazifluviatil / grau /

1,70

-1,00 m NHN

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | MoHb56 | RW: 439983,3 | |
| Endteufe | 1,7 | HW: 5919332,5 | |
| Autorin | IPD | Höhe NHN: 0,82 | |
| Bearbeiterin | IPD | Datum: 31.08.2018 | |
| Bohrfirma | GPD | Maßstab : 1:10 | |

Dr. Preiss-Daimler GutachterInnenbüro
Dr. Inga Preiß-Daimler
Zum Sebaldsbrücker Bahnhof 1
28309 Bremen
0421 69 59 78 19
info@preissdaimler.de

1,00 m NHN

0,00 m NHN

-1,00 m NHN

**MoHb57**
0,94 m NHN

0,15 Holozän / Feinsand; stark humos / Kulturschichten / graubraun /

0,55 Holozän / Bruchwaldtorf, Humositätsgrad 4; Holzwurzeln / Flachmoor / dunkelbraun /

1,00 Holozän / Bruchwaldtorf, Humositätsgrad 5; / Flachmoor / schwarzbraun /

1,20 Holozän / Torf, Humositätsgrad 8; sehr schwach feinsandig, sehr schwach Holzwurzeln / Flachmoor / braunschwarz /

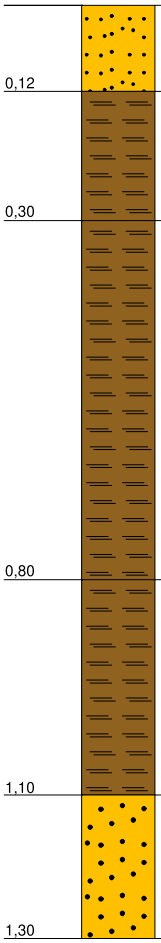
1,55 Drenthe-Stadium / Ton; schluffig, partienweise (sandig) / / glazifluviatil / bläulich grau /

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | MoHb57 | RW: 439996,1 | |
| Endteufe | 1,55 | HW: 5919266,7 | |
| Autorin | IPD | Höhe NHN: 0,94 | |
| Bearbeiterin | IPD | Datum: 31.08.2018 | |
| Bohrfirma | GPD | Maßstab : 1:10 | |

Dr. Preiss-Daimler GutachterInnenbüro
Dr. Inga Preiß-Daimler
Zum Sebaldsbrücker Bahnhof 1
28309 Bremen
0421 69 59 78 19
info@preissdaimler.de

**MoHb59**
0,77 m NHN



0,12 Holozän / Feinsand; humos / Kulturschichten / braungrau /

0,30 Holozän / Acutifolia-Torf, Humositätsgrad 4; sehr schwach Eriophorum-Fasern, sehr schwach Holz / Hochmoor / rotbraun /

0,00 m NHN

0,80 Holozän / Bruchwaldtorf, Humositätsgrad 4; Holzwurzeln / Flachmoor / dunkelbraun /

1,10 Holozän / Bruchwaldtorf, Humositätsgrad 7; / Flachmoor / dunkelbraun /

-1,00 m NHN

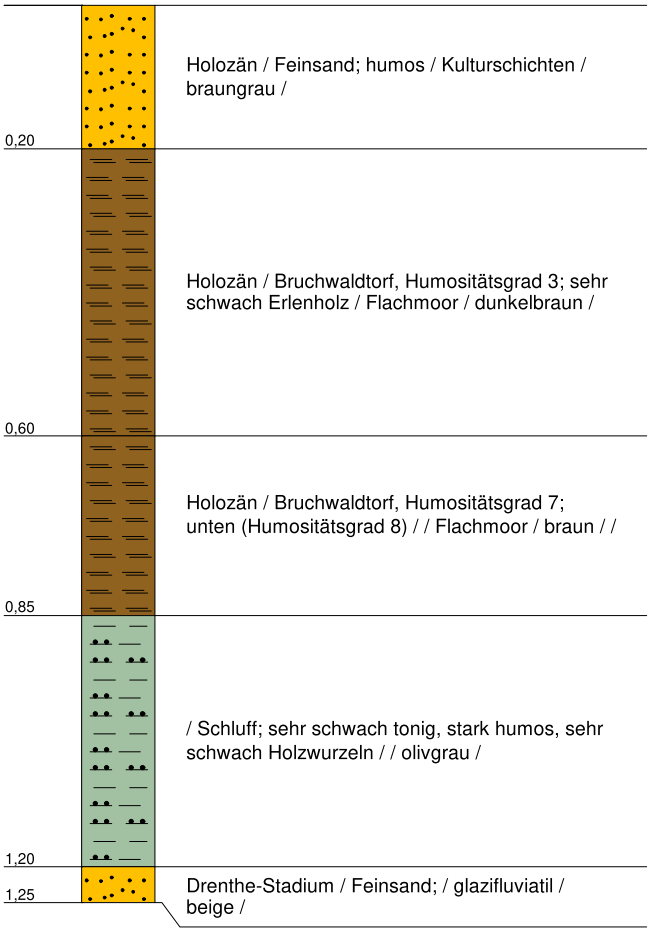
1,30 Drenthe-Stadium / Mittelsand; oben (humos) / / glazifluviatil / beige /

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | MoHb59 | RW: 440040,3 | |
| Endteufe | 1,3 | HW: 5919236,3 | |
| Autorin | IPD | Höhe NHN: 0,77 | |
| Bearbeiterin | IPD | Datum: 14.10.2018 | |
| Bohrfirma | GPD | Maßstab : 1:10 | |

Dr. Preiss-Daimler GutachterInnenbüro
Dr. Inga Preiß-Daimler
Zum Sebaldsbrücker Bahnhof 1
28309 Bremen
0421 69 59 78 19
info@preissdaimler.de

**MoHb64**
0,74 m NHN




Holozän / Feinsand; humos / Kulturschichten / braungrau /

Holozän / Bruchwaldtorf, Humositätsgrad 3; sehr schwach Erlenholz / Flachmoor / dunkelbraun /

Holozän / Bruchwaldtorf, Humositätsgrad 7; unten (Humositätsgrad 8) / / Flachmoor / braun / /

/ Schluff; sehr schwach tonig, stark humos, sehr schwach Holzwurzeln / / olivgrau /

Drenthe-Stadium / Feinsand; / glazifluviatil / beige /

0,00 m NHN

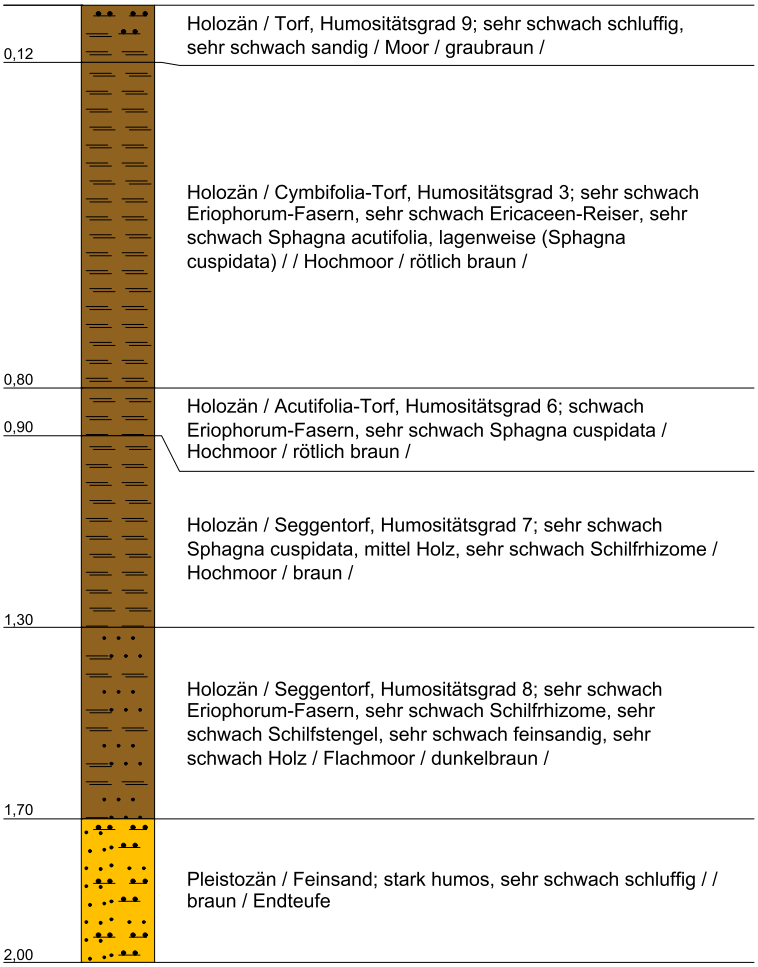
-1,00 m NHN

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | MoHb64 | RW: 440090,8 | |
| Endteufe | 1,25 | HW: 5919058,8 | |
| Autorin | IPD | Höhe NHN: 0,74 | |
| Bearbeiterin | IPD | Datum: 14.10.2018 | |
| Bohrfirma | GPD | Maßstab : 1:10 | |

Dr. Preiss-Daimler GutachterInnenbüro
Dr. Inga Preiß-Daimler
Zum Sebaldsbrücker Bahnhof 1
28309 Bremen
0421 69 59 78 19
info@preissdaimler.de

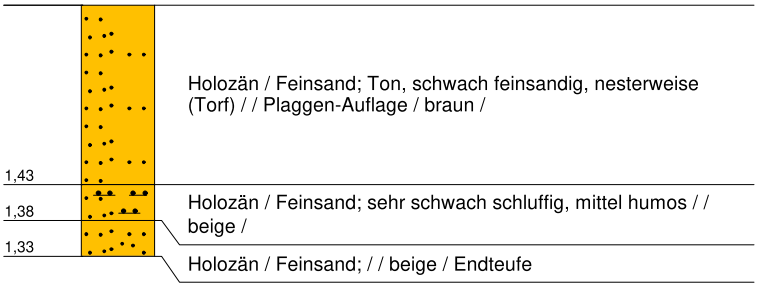
**MoHa077**
1,73 m NHN




Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | MoHa077 | UTM-RW: 441740,15 | |
| Flächennutzung | GE - trocken | UTM-HW: 5918758,84 | |
| Autor | IPD | Höhe m NHN: 1,73 | |
| Endtiefe (m u GOK) | 2 | Datum: 28.04.2017 | |
| Bohrfirma | GutachterInnenbüro Dr. Preiss-Daimler | Maßstab : 1:15 | |

**MoHa089**
1,68 m NHN




1,00 m NHN

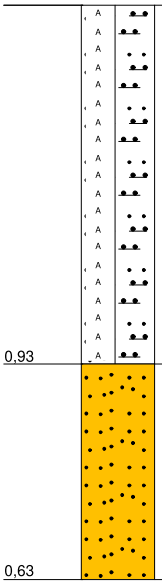
0,00 m NHN

Tiefenangaben Profil und Ausbau in m NHN

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | MoHa089 | UTM-RW: 440126,36 | |
| Flächennutzung | GI | UTM-HW: 5919642,57 | |
| Autor | IPD | Höhe m NHN: 1,68 | |
| Endtiefe (m u GOK) | 1,3 | Datum: 02.05.2017 | |
| Bohrfirma | GutachterInnenbüro Dr. Preiss-Daimler | Maßstab : 1:10 | |

**MoHa090**

1,43 m NHN



Holozän / Feinsand; sehr schwach schluffig, oben (sehr schwach tonig) / / künstliche Auffüllung / hellbraun /

0,93

Holozän / Feinsand; oben (schwach humos) / / Hochmoor / beige / Endteufe

0,63

1,00 m NHN

0,00 m NHN

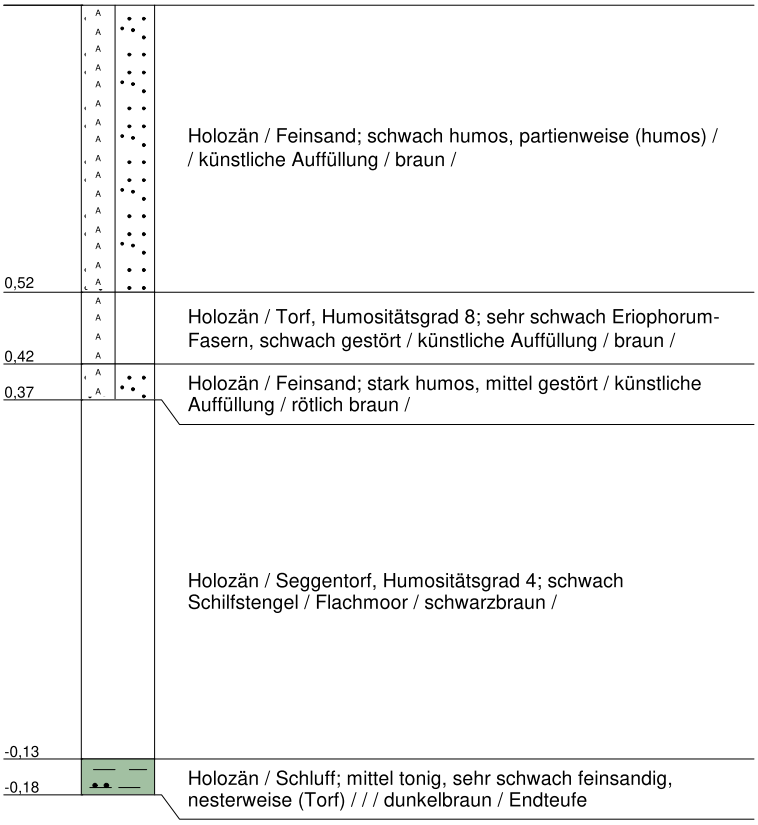
Tiefenangaben Profil und Ausbau in m NHN

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | MoHa090 | UTM-RW: 440063,18 | |
| Flächennutzung | A | UTM-HW: 5919513,08 | |
| Autor | IPD | Höhe m NHN: 1,43 | |
| Endtiefe (m u GOK) | 0,35 | Datum: 02.05.2017 | |
| Bohrfirma | GutachterInnenbüro Dr. Preiss-Daimler | Maßstab : 1:10 | |

1,00 m NHN

**MoHa091**

0,92 m NHN



Holozän / Feinsand; schwach humos, partienweise (humos) / / künstliche Auffüllung / braun /

0,52

Holozän / Torf, Humositätsgrad 8; sehr schwach Eriophorum-Fasern, schwach gestört / künstliche Auffüllung / braun /

0,42

0,37

Holozän / Feinsand; stark humos, mittel gestört / künstliche Auffüllung / rötlich braun /

Holozän / Seggentorf, Humositätsgrad 4; schwach Schilfstengel / Flachmoor / schwarzbraun /

0,00 m NHN

-0,13

-0,18

Holozän / Schluff; mittel tonig, sehr schwach feinsandig, nesterweise (Torf) / / / dunkelbraun / Endteufe

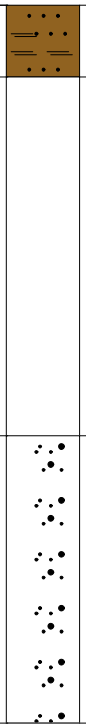
-1,00 m NHN

Tiefenangaben Profil und Ausbau in m NHN

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | MoHa091 | UTM-RW: 440102,03 | |
| Flächennutzung | GI | UTM-HW: 5919374,06 | |
| Autor | IPD | Höhe m NHN: 0,92 | |
| Endtiefe (m u GOK) | 1,1 | Datum: 03.05.2017 | |
| Bohrfirma | GutachterInnenbüro Dr. Preiss-Daimler | Maßstab : 1:10 | |

**MoHa096**

0,84 m NHN



0,74 — Holozän / Torf; sehr schwach feinsandig, sehr schwach schluffig / Hochmoor / graubraun /

Holozän / Bruchwaldtorf, Humositätsgrad 5; sehr schwach Eriophorum-Fasern / Hochmoor / dunkelbraun /

0,24

Holozän / Bruchwaldtorf, Humositätsgrad 7; schwach hu, sehr schwach Eriophorum-Fasern, unten (sandig) / / Hochmoor / braun / Bohrung auf Sand, Endteufe

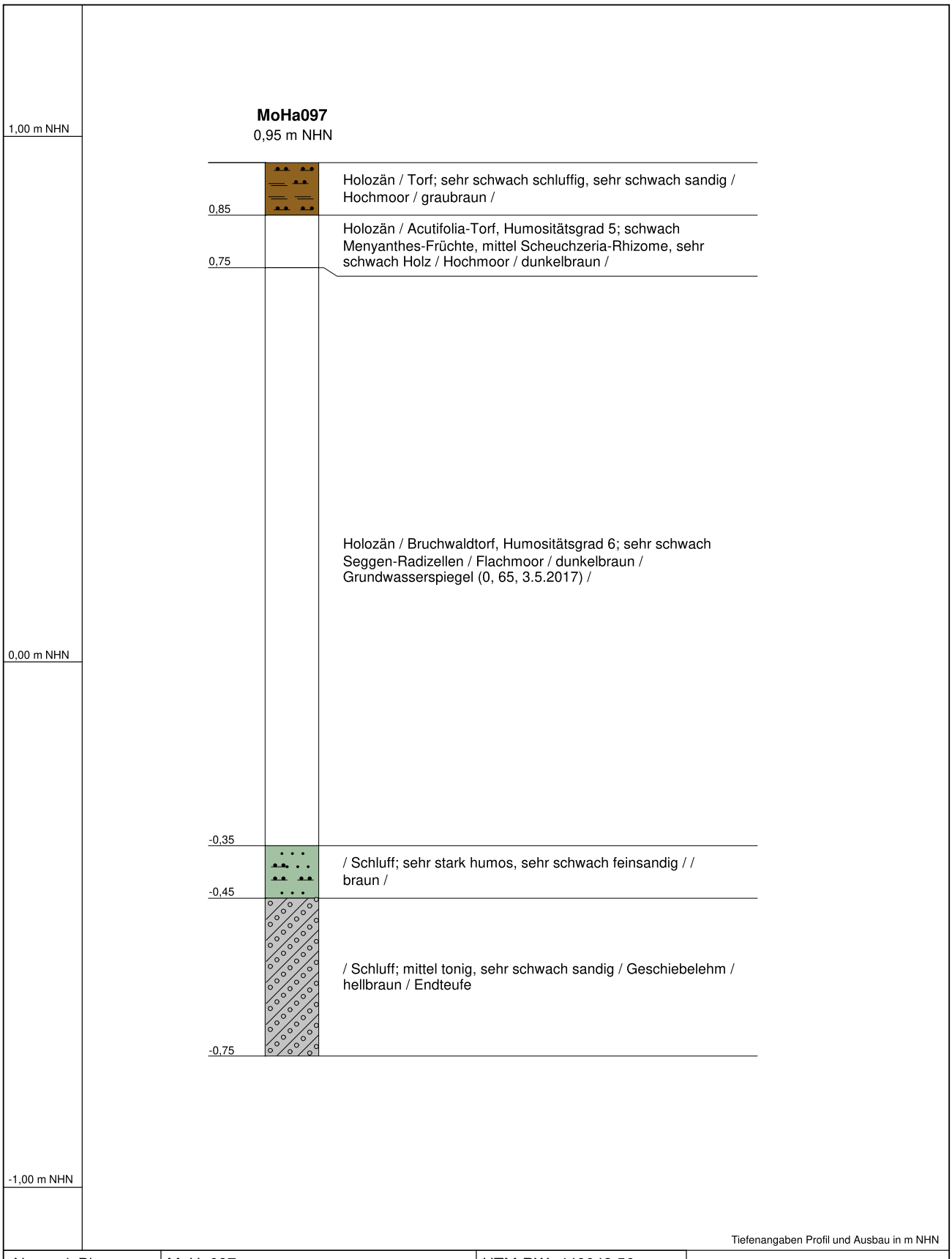
-0,16

0,00 m NHN

-1,00 m NHN

Tiefenangaben Profil und Ausbau in m NHN

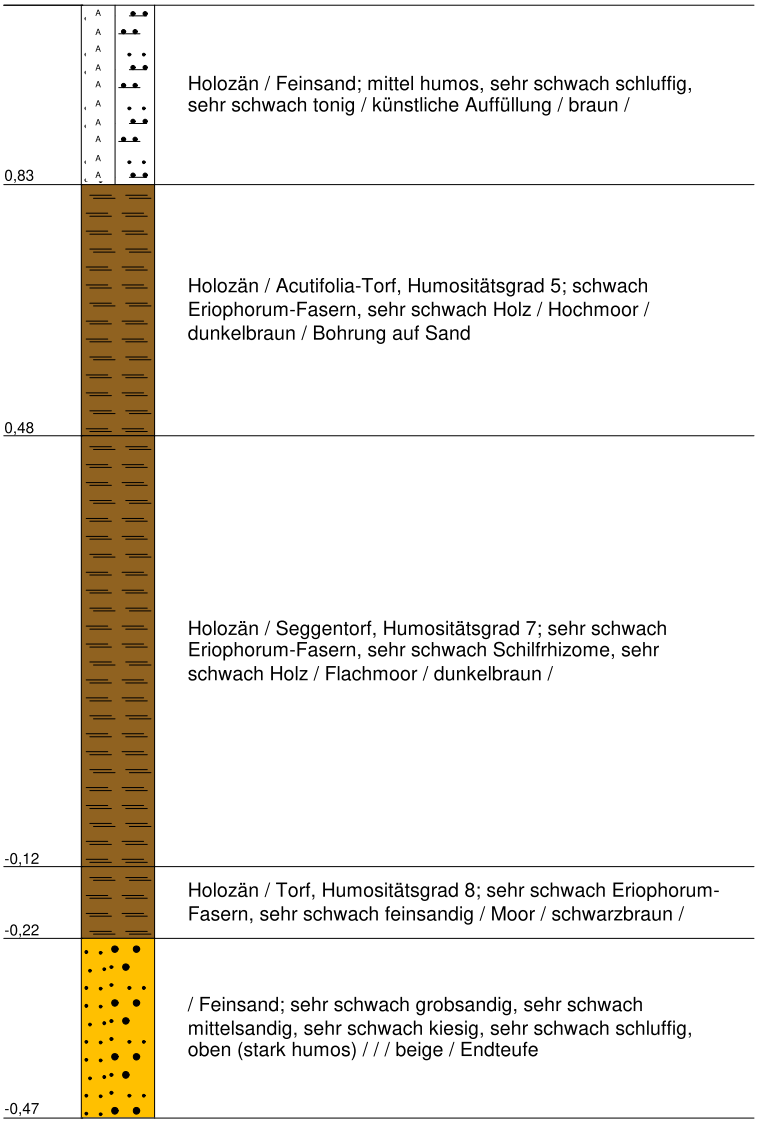
| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | MoHa096 | UTM-RW: 440081,08 | |
| Flächennutzung | G | UTM-HW: 5918973,22 | |
| Autor | IPD | Höhe m NHN: 0,84 | |
| Endtiefe (m u GOK) | 1 | Datum: 03.05.2017 | |
| Bohrfirma | GutachterInnenbüro Dr. Preiss-Daimler | Maßstab : 1:10 | |




| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | MoHa097 | UTM-RW: 440043,56 | |
| Flächennutzung | GE - Weide | UTM-HW: 5919159,84 | |
| Autor | IPD | Höhe m NHN: 0,95 | |
| Endtiefe (m u GOK) | 1,7 | Datum: 03.05.2017 | |
| Bohrfirma | GutachterInnenbüro Dr. Preiss-Daimler | Maßstab : 1:10 | |

**MoHa098**

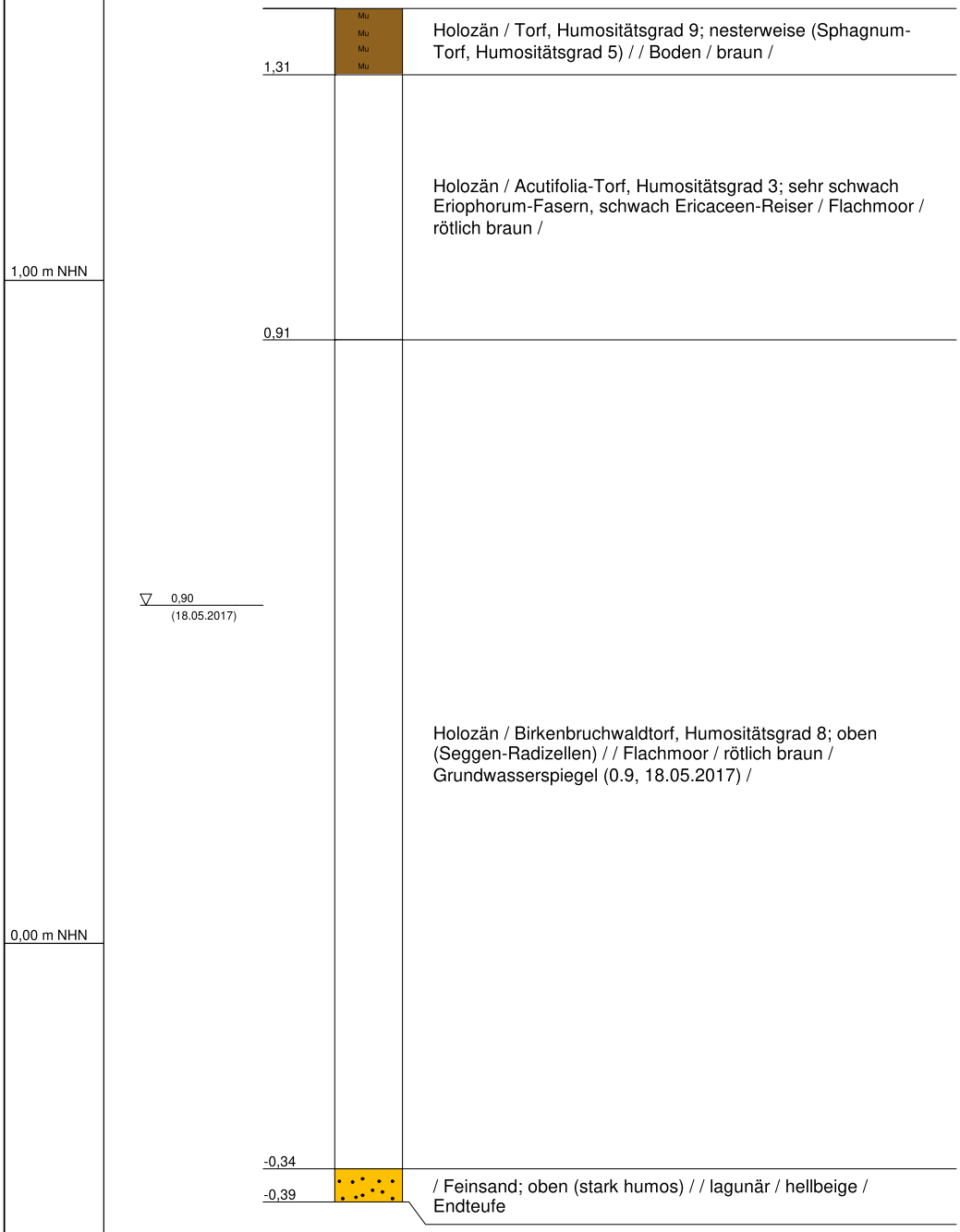
1,08 m NHN




Tiefenangaben Profil und Ausbau in m NHN

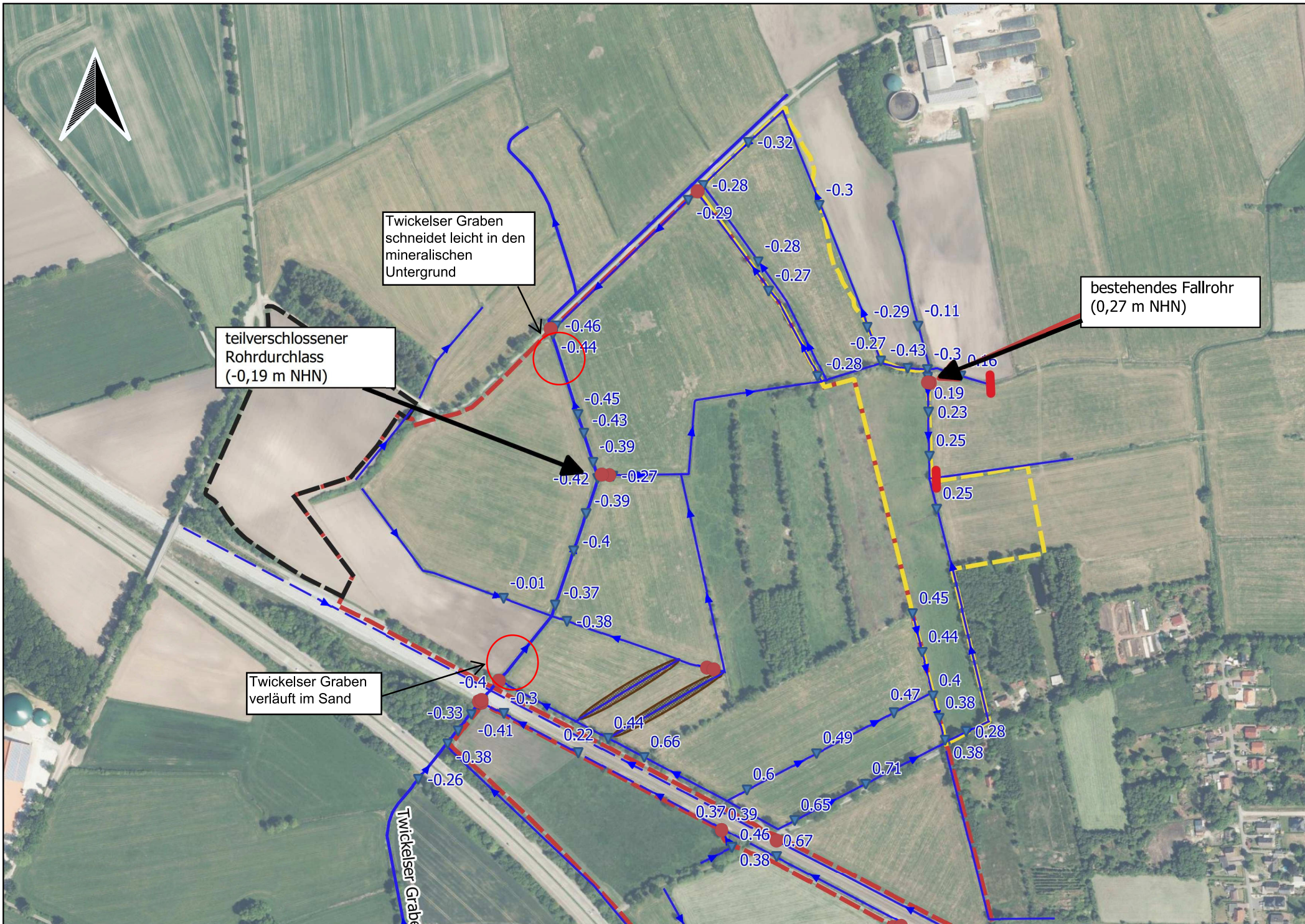
| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | MoHa098 | UTM-RW: 440237,06 | |
| Flächennutzung | GE | UTM-HW: 5918965,25 | |
| Autor | IPD | Höhe m NHN: 1,08 | |
| Endtiefe (m u GOK) | 1,55 | Datum: 03.05.2017 | |
| Bohrfirma | GutachterInnenbüro Dr. Preiss-Daimler | Maßstab : 1:10 | |

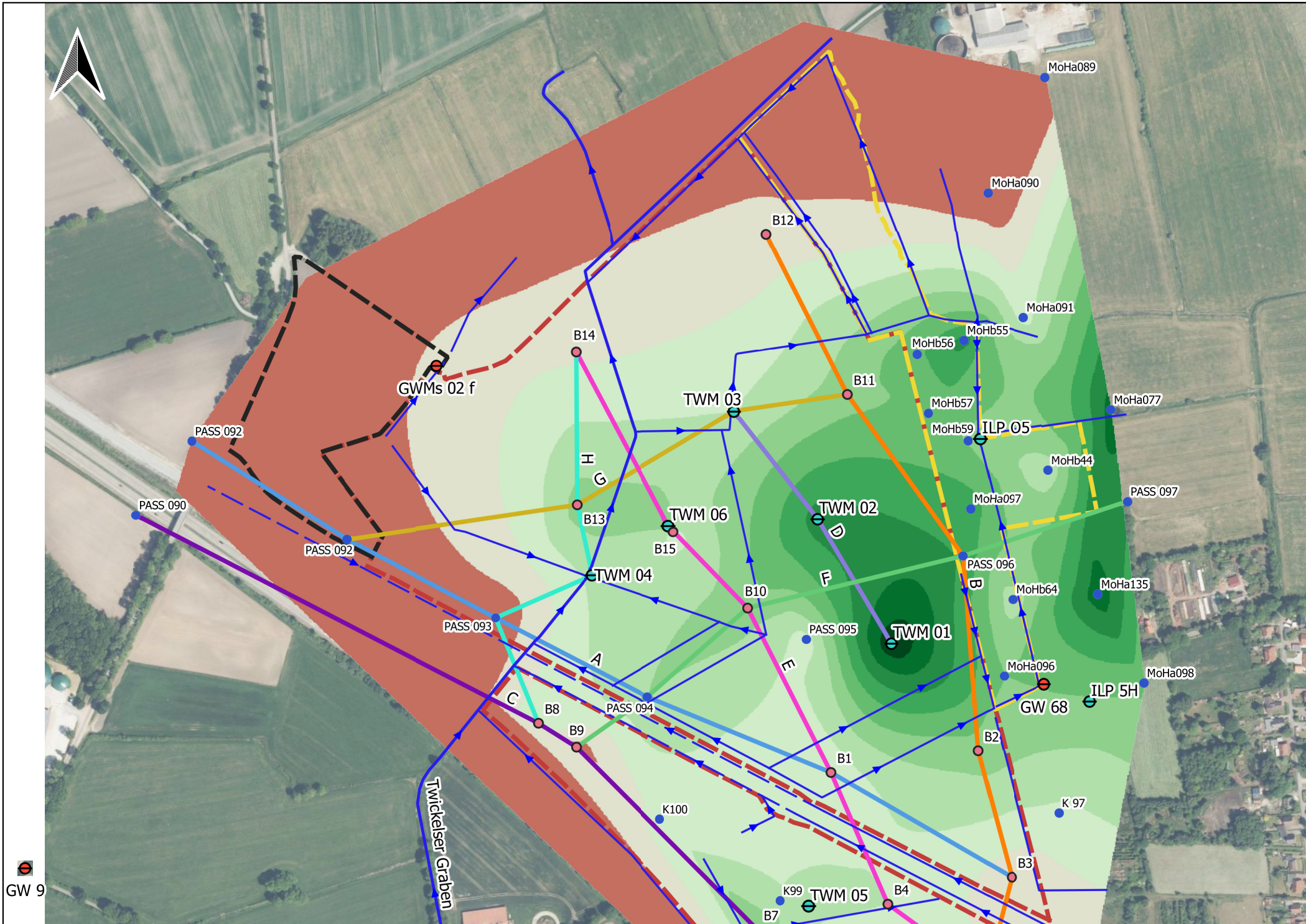
**MoHa135**
1,41 m NHN




Tiefenangaben Profil und Ausbau in m NHN

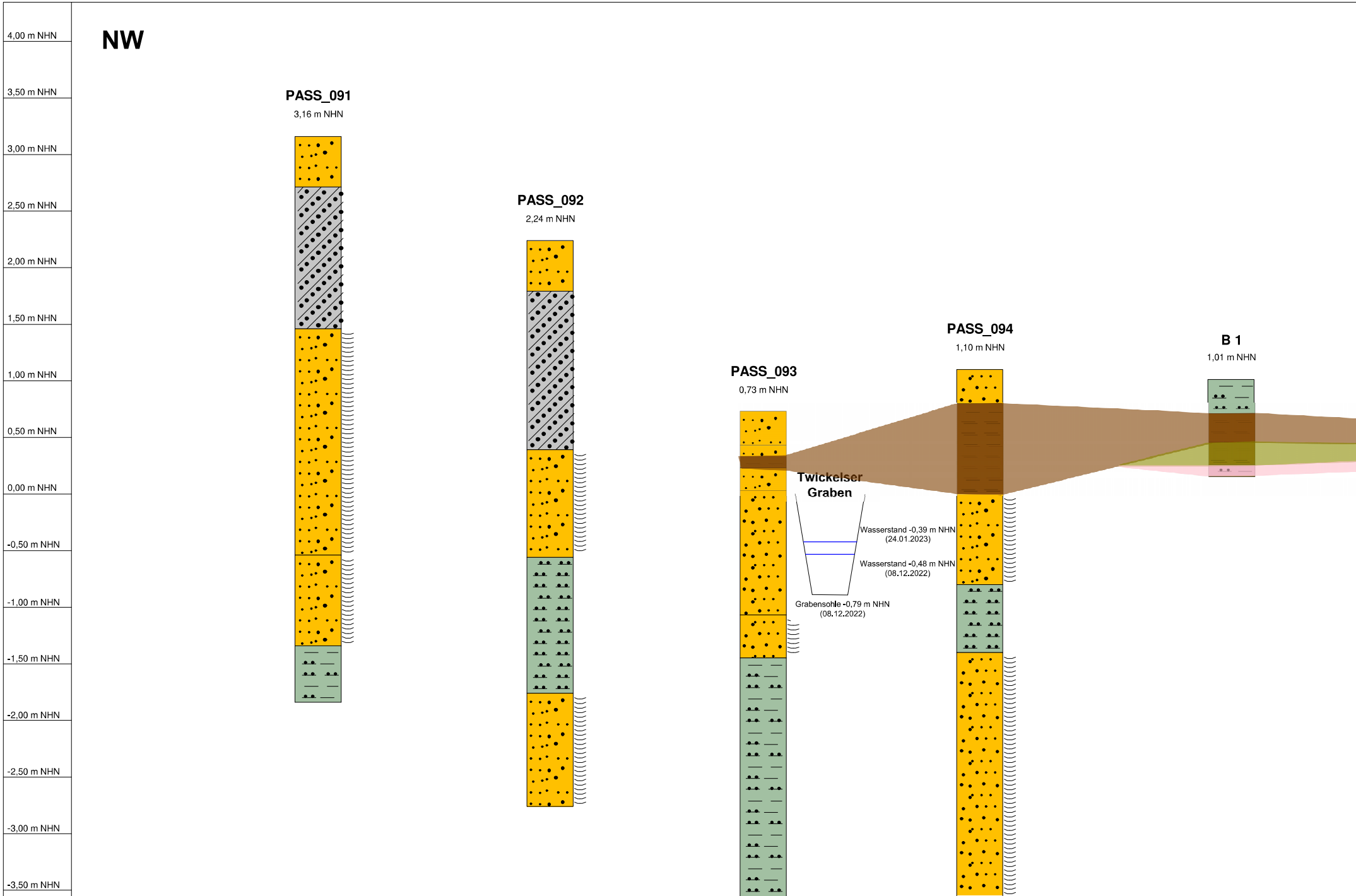
| | | | |
|---|---|---|---|
| Name d. Bhrg. | MoHa135 | UTM-RW: 440185,73 | |
| Flächennutzung | Brachfläche/Bauland | UTM-HW: 5919064,47 | |
| Autor | IPD | Höhe m NHN: 1,41 | |
| Endtiefe (m u GOK) | 1,8 | Datum: 18.05.2017 | |
| Bohrfirma | GutachterInnenbüro Dr. Preiss-Daimler | Maßstab : 1:10 | |

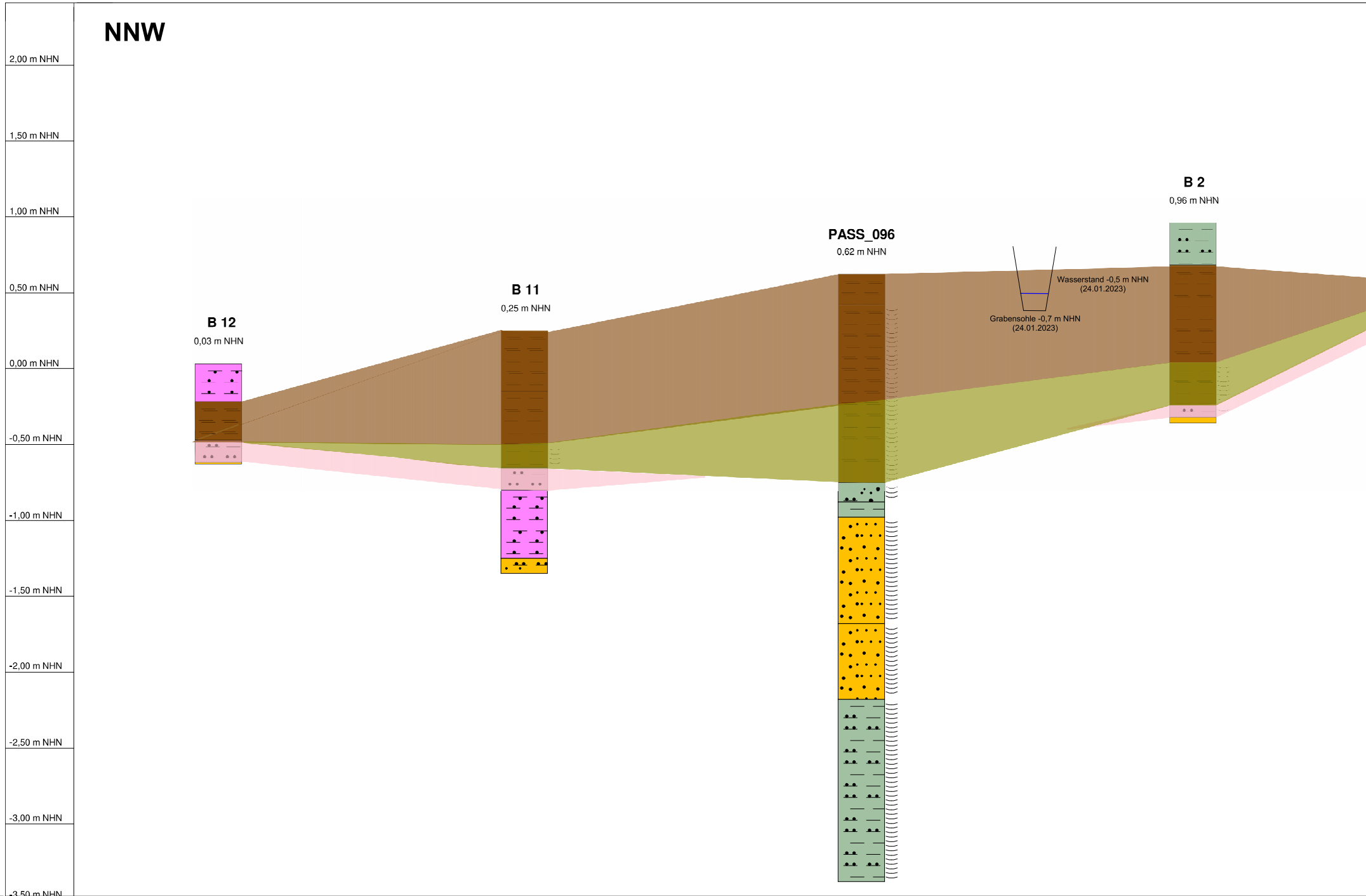

Twickelser Graben schneidet leicht in den mineralischen Untergrund
teilverschlossener Rohrdurchlass (-0,19 m NHN)
bestehendes Fallrohr (0,27 m NHN)
Twickelser Graben verläuft im Sand
Twickelser Graben
-0.32
-0.28
-0.29
-0.3
-0.28
-0.27
-0.29
-0.11
-0.27
-0.43
-0.3
-0.28
-0.46
-0.44
-0.45
-0.43
-0.39
-0.42
-0.27
-0.39
-0.4
-0.01
-0.37
-0.38
-0.4
-0.3
-0.33
-0.41
-0.38
-0.26
0.44
0.22
0.66
0.37
0.39
0.46
0.67
0.38
0.6
0.49
0.65
0.71
0.47
0.38
0.28
0.38
0.4
0.44
0.45
0.19
0.23
0.25
0.25

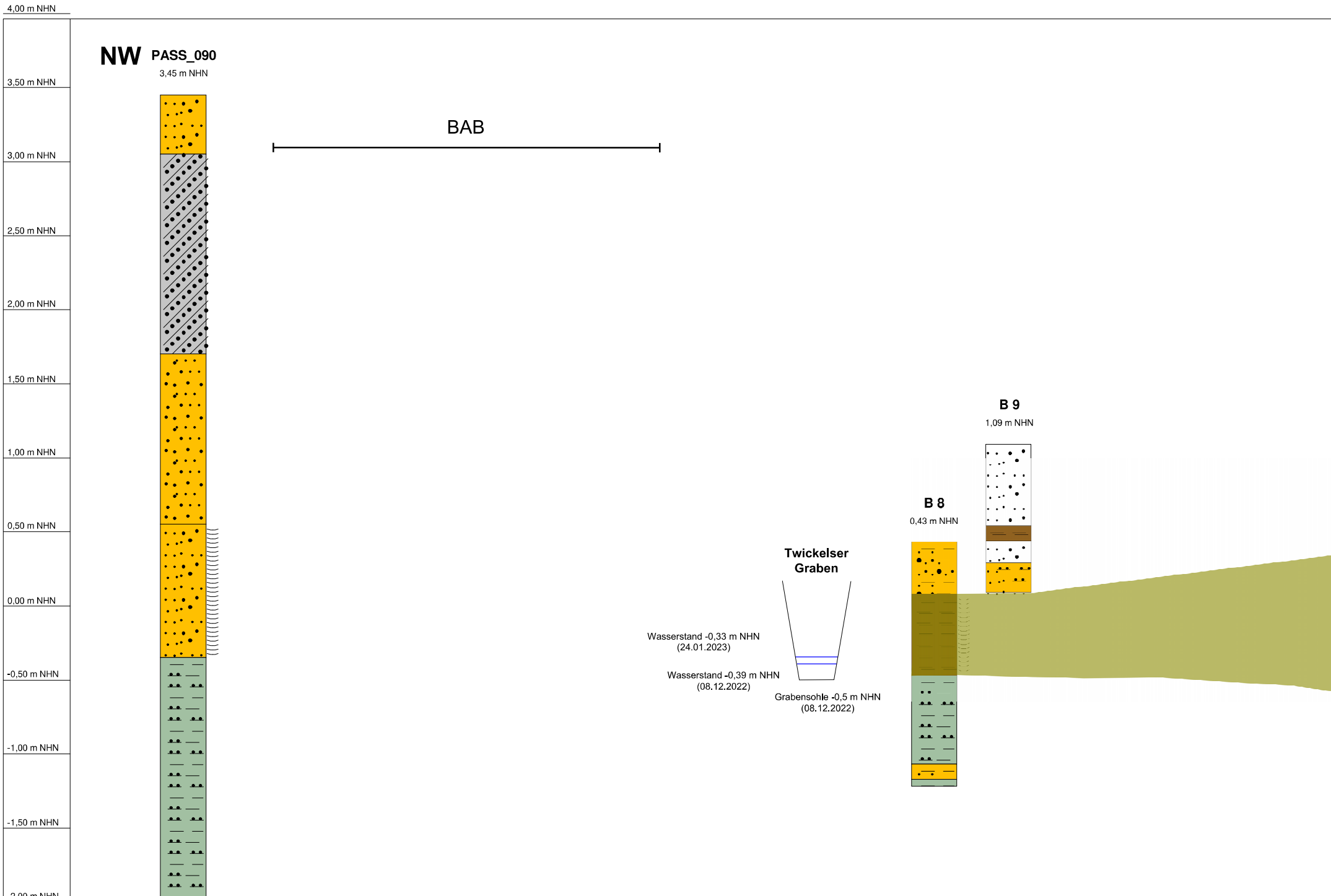

MoHa089
MoHa090
B12
MoHa091
MoHb55
MoHb56
B14
GWMs 02 f
B11
TWM 03
MoHb57
MoHa077
MoHb59
ILP 05
PASS 092
MoHb44
H
G
PASS 097
PASS 090
MoHa097
TWM 02
TWM 06
B13
D
B15
PASS 092
PASS 096
TWM 04
F
B
MoHb64
MoHa135
B10
PASS 093
PASS 095
TWM 01
A
E
MoHa096
MoHa098
C
ILP 5H
B8
PASS 094
GW 68
B9
B2
B1
K 97
K100
Twickelser Graben
B3
GW 9
K99
TWM 05
B4
B7

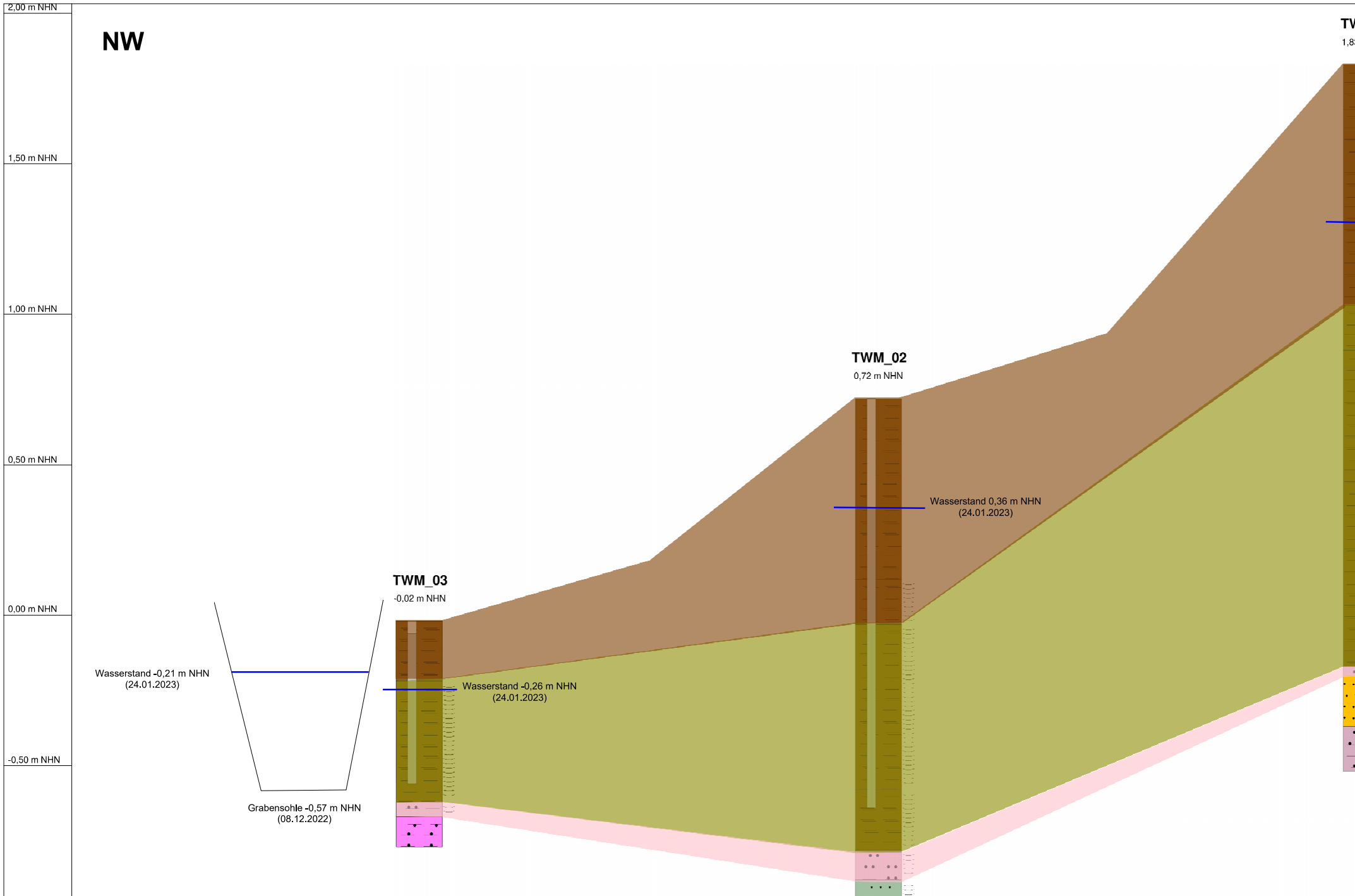
# Anlage 8

Geologische Schnitte

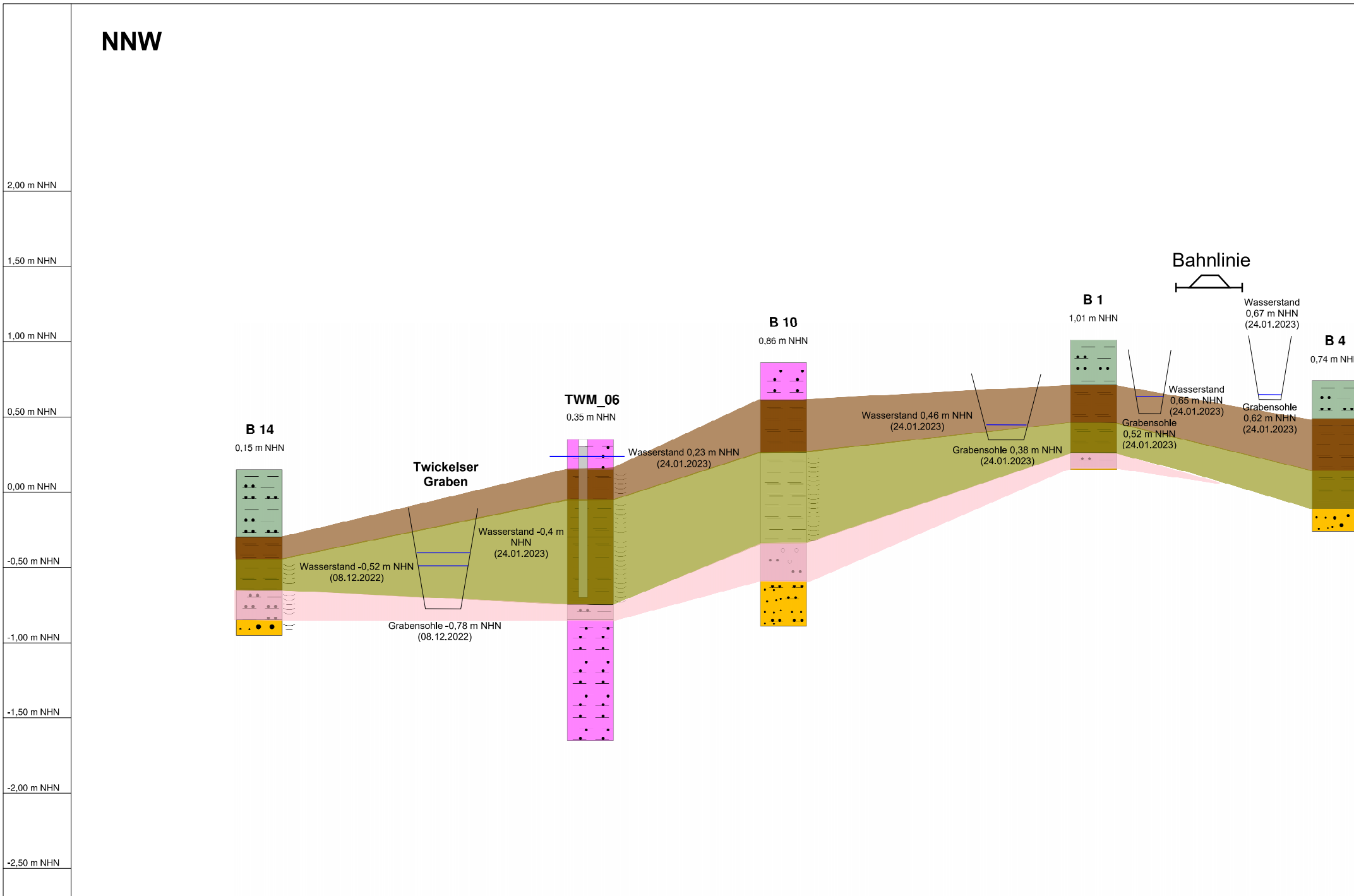

NW
4,00 m NHN
3,50 m NHN
3,00 m NHN
2,50 m NHN
2,00 m NHN
1,50 m NHN
1,00 m NHN
0,50 m NHN
0,00 m NHN
-0,50 m NHN
-1,00 m NHN
-1,50 m NHN
-2,00 m NHN
-2,50 m NHN
-3,00 m NHN
-3,50 m NHN
PASS_091
3,16 m NHN
PASS_092
2,24 m NHN
PASS_093
0,73 m NHN
PASS_094
1,10 m NHN
B 1
1,01 m NHN
Twickelser Graben
Wasserstand -0,39 m NHN (24.01.2023)
Wasserstand -0,48 m NHN (08.12.2022)
Grabensohle -0,79 m NHN (08.12.2022)

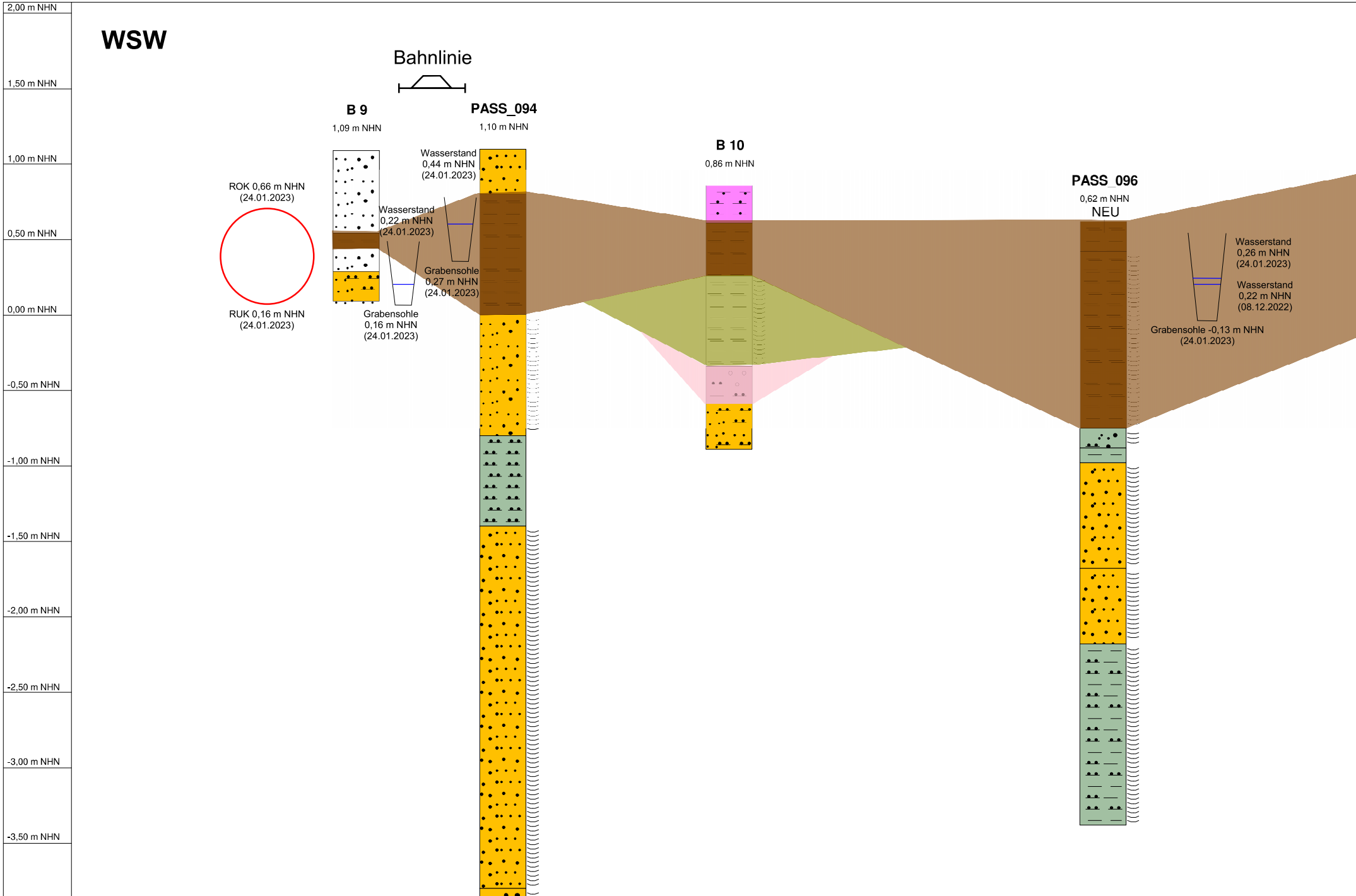

NNW
2,00 m NHN
1,50 m NHN
1,00 m NHN
0,50 m NHN
0,00 m NHN
-0,50 m NHN
-1,00 m NHN
-1,50 m NHN
-2,00 m NHN
-2,50 m NHN
-3,00 m NHN
-3,50 m NHN
B 12
0,03 m NHN
B 11
0,25 m NHN
PASS_096
0,62 m NHN
Wasserstand -0,5 m NHN
(24.01.2023)
Grabensohle -0,7 m NHN
(24.01.2023)
B 2
0,96 m NHN

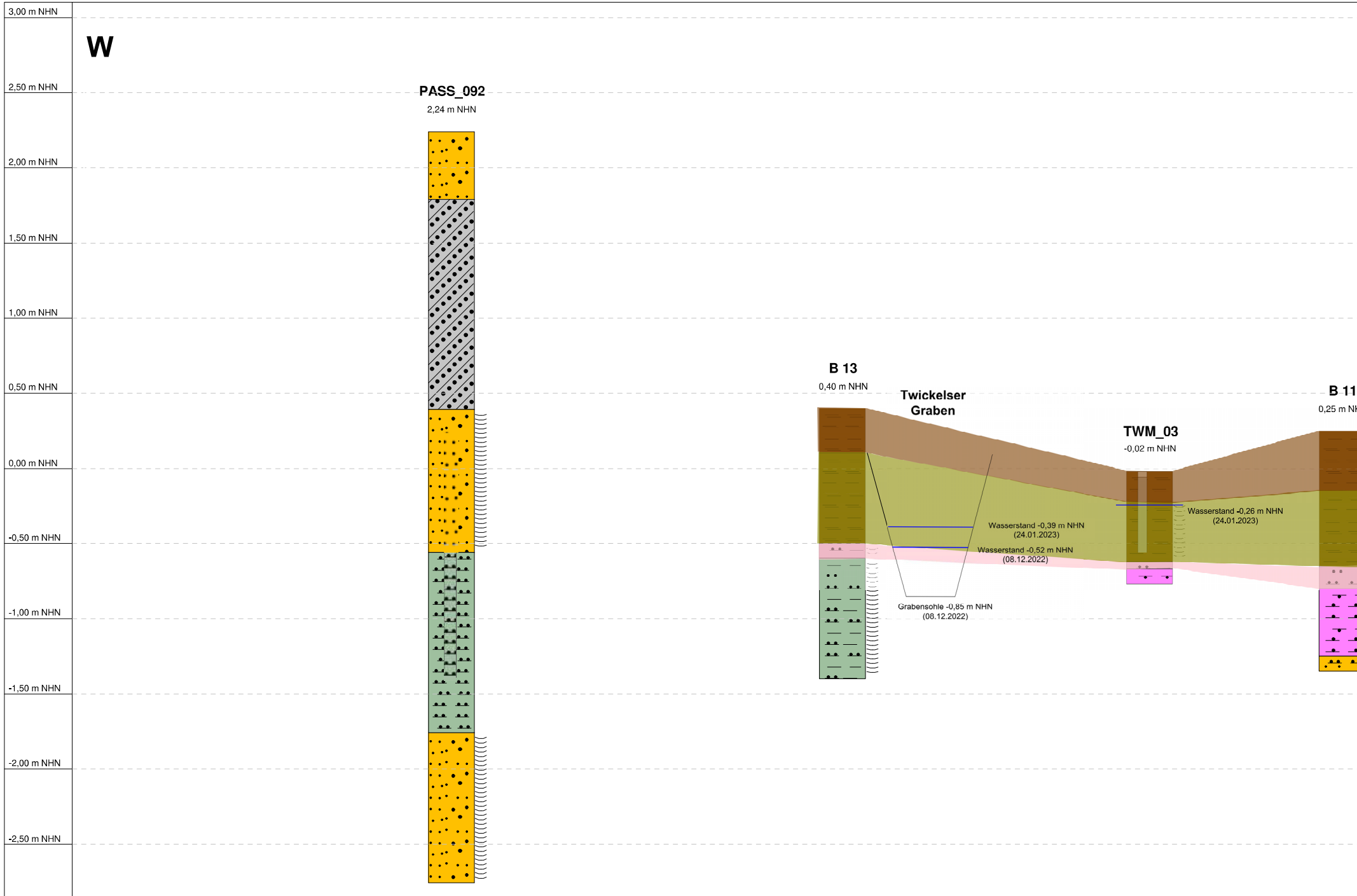

4,00 m NHN
3,50 m NHN
3,00 m NHN
2,50 m NHN
2,00 m NHN
1,50 m NHN
1,00 m NHN
0,50 m NHN
0,00 m NHN
-0,50 m NHN
-1,00 m NHN
-1,50 m NHN
NW
PASS_090
3,45 m NHN
BAB
B 9
1,09 m NHN
B 8
0,43 m NHN
Twickelser Graben
Wasserstand -0,33 m NHN (24.01.2023)
Wasserstand -0,39 m NHN (08.12.2022)
Grabensohle -0,5 m NHN (08.12.2022)

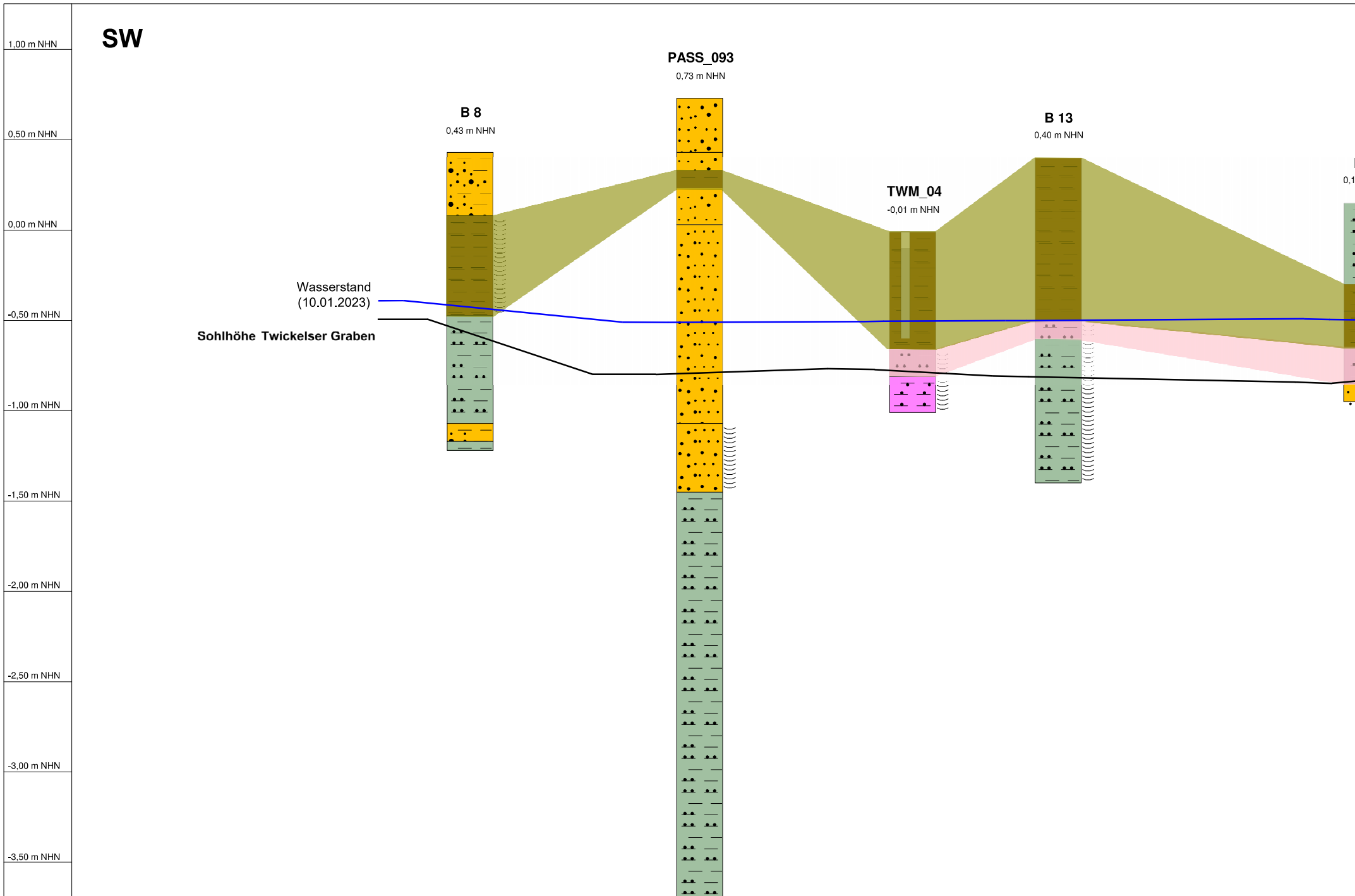

NW
2,00 m NHN
1,50 m NHN
1,00 m NHN
0,50 m NHN
0,00 m NHN
-0,50 m NHN
TWM_02
0,72 m NHN
Wasserstand 0,36 m NHN
(24.01.2023)
TWM_03
-0,02 m NHN
Wasserstand -0,21 m NHN
(24.01.2023)
Wasserstand -0,26 m NHN
(24.01.2023)
Grabensohle -0,57 m NHN
(08.12.2022)

# NNW


2,00 m NHN
1,50 m NHN
1,00 m NHN
0,50 m NHN
0,00 m NHN
-0,50 m NHN
-1,00 m NHN
-1,50 m NHN
-2,00 m NHN
-2,50 m NHN
B 14
0,15 m NHN
Twickelser Graben
TWM_06
0,35 m NHN
B 10
0,86 m NHN
B 1
1,01 m NHN
Bahnlinie
B 4
0,74 m NHN
Wasserstand -0,52 m NHN (08.12.2022)
Wasserstand -0,4 m NHN (24.01.2023)
Wasserstand 0,23 m NHN (24.01.2023)
Wasserstand 0,46 m NHN (24.01.2023)
Grabensohle 0,38 m NHN (24.01.2023)
Wasserstand 0,65 m NHN (24.01.2023)
Grabensohle 0,52 m NHN (24.01.2023)
Wasserstand 0,67 m NHN (24.01.2023)
Grabensohle 0,62 m NHN (24.01.2023)
Grabensohle -0,78 m NHN (08.12.2022)

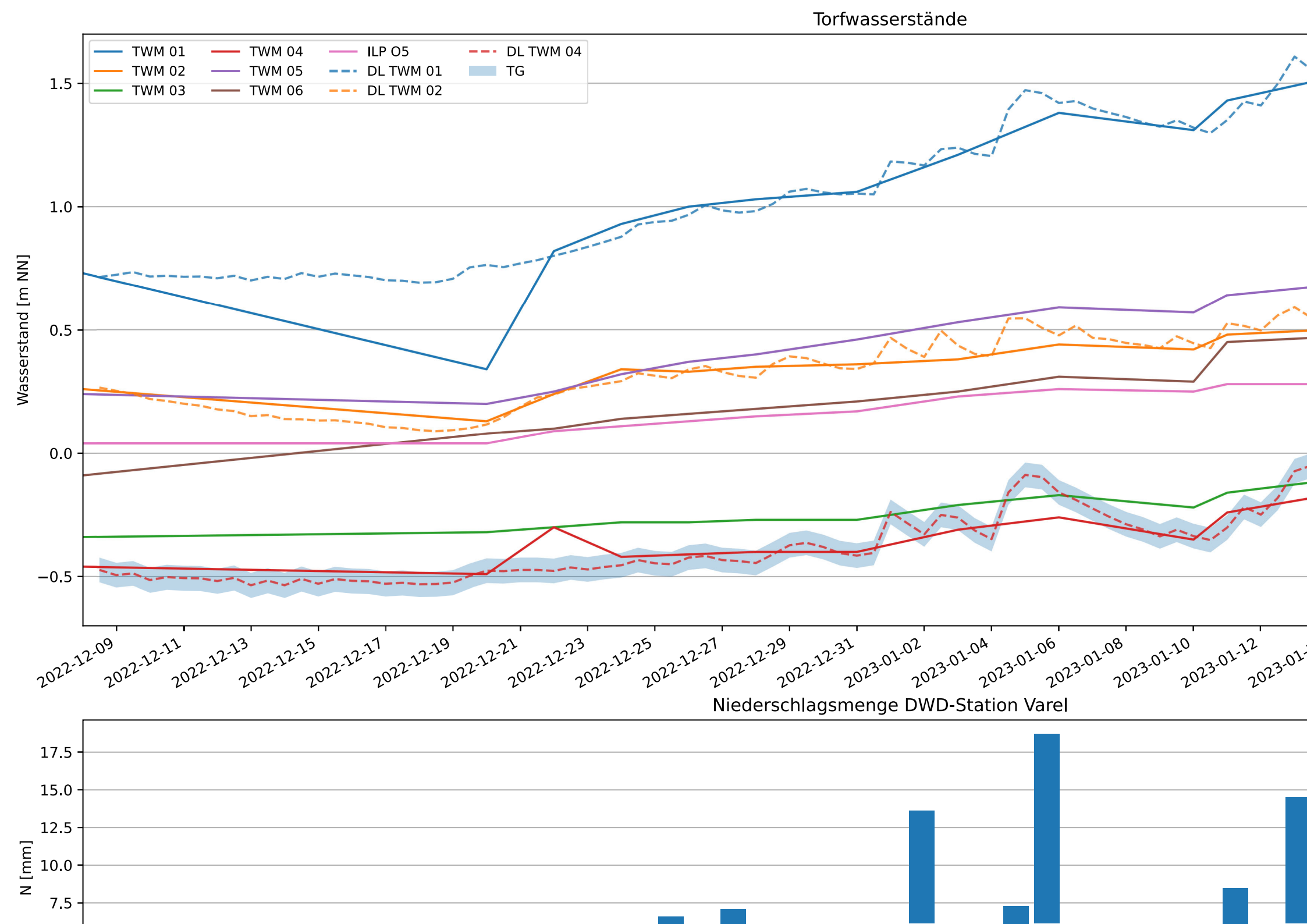

WSW
Bahnlinie
2,00 m NHN
1,50 m NHN
1,00 m NHN
0,50 m NHN
0,00 m NHN
-0,50 m NHN
-1,00 m NHN
-1,50 m NHN
-2,00 m NHN
-2,50 m NHN
-3,00 m NHN
-3,50 m NHN
B 9
1,09 m NHN
PASS_094
1,10 m NHN
B 10
0,86 m NHN
PASS_096
0,62 m NHN
NEU
ROK 0,66 m NHN
(24.01.2023)
RUK 0,16 m NHN
(24.01.2023)
Wasserstand
0,44 m NHN
(24.01.2023)
Wasserstand
0,22 m NHN
(24.01.2023)
Grabensohle
0,27 m NHN
(24.01.2023)
Grabensohle
0,16 m NHN
(24.01.2023)
Wasserstand
0,26 m NHN
(24.01.2023)
Wasserstand
0,22 m NHN
(08.12.2022)
Grabensohle -0,13 m NHN
(24.01.2023)


3,00 m NHN
W
2,50 m NHN
PASS_092
2,24 m NHN
2,00 m NHN
1,50 m NHN
1,00 m NHN
0,50 m NHN
0,00 m NHN
-0,50 m NHN
-1,00 m NHN
-1,50 m NHN
-2,00 m NHN
-2,50 m NHN
B 13
0,40 m NHN
Twickelser
Graben
TWM_03
-0,02 m NHN
B 11
0,25 m NH
Wasserstand -0,39 m NHN
(24.01.2023)
Wasserstand -0,52 m NHN
(08.12.2022)
Wasserstand -0,26 m NHN
(24.01.2023)
Grabensohle -0,85 m NHN
(08.12.2022)


SW
1,00 m NHN
0,50 m NHN
0,00 m NHN
-0,50 m NHN
-1,00 m NHN
-1,50 m NHN
-2,00 m NHN
-2,50 m NHN
-3,00 m NHN
-3,50 m NHN
B 8
0,43 m NHN
PASS_093
0,73 m NHN
TWM_04
-0,01 m NHN
B 13
0,40 m NHN
Wasserstand
(10.01.2023)
Sohlhöhe Twickelser Graben

# Anlage 9.1

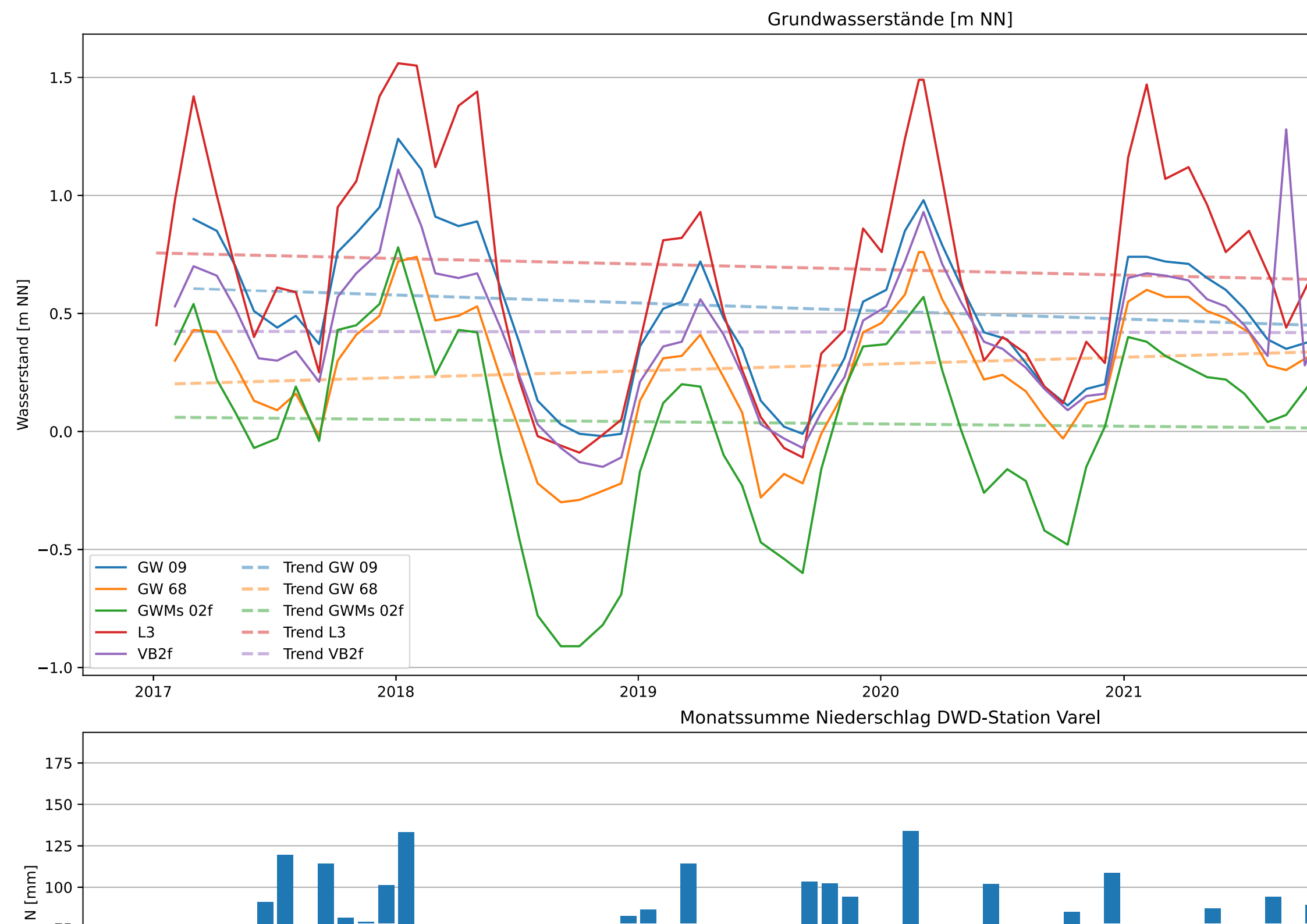
Ganglinien der
Torfwasserstände im Plangebiet
(Dezember 2022–Januar 2023)


Torfwasserstände
TWM 01
TWM 02
TWM 03
TWM 04
TWM 05
TWM 06
ILP O5
DL TWM 01
DL TWM 02
DL TWM 04
TG
Wasserstand [m NN]
1.5
1.0
0.5
0.0
−0.5
2022-12-09
2022-12-11
2022-12-13
2022-12-15
2022-12-17
2022-12-19
2022-12-21
2022-12-23
2022-12-25
2022-12-27
2022-12-29
2022-12-31
2023-01-02
2023-01-04
2023-01-06
2023-01-08
2023-01-10
2023-01-12
Niederschlagsmenge DWD-Station Varel
N [mm]
17.5
15.0
12.5
10.0
7.5

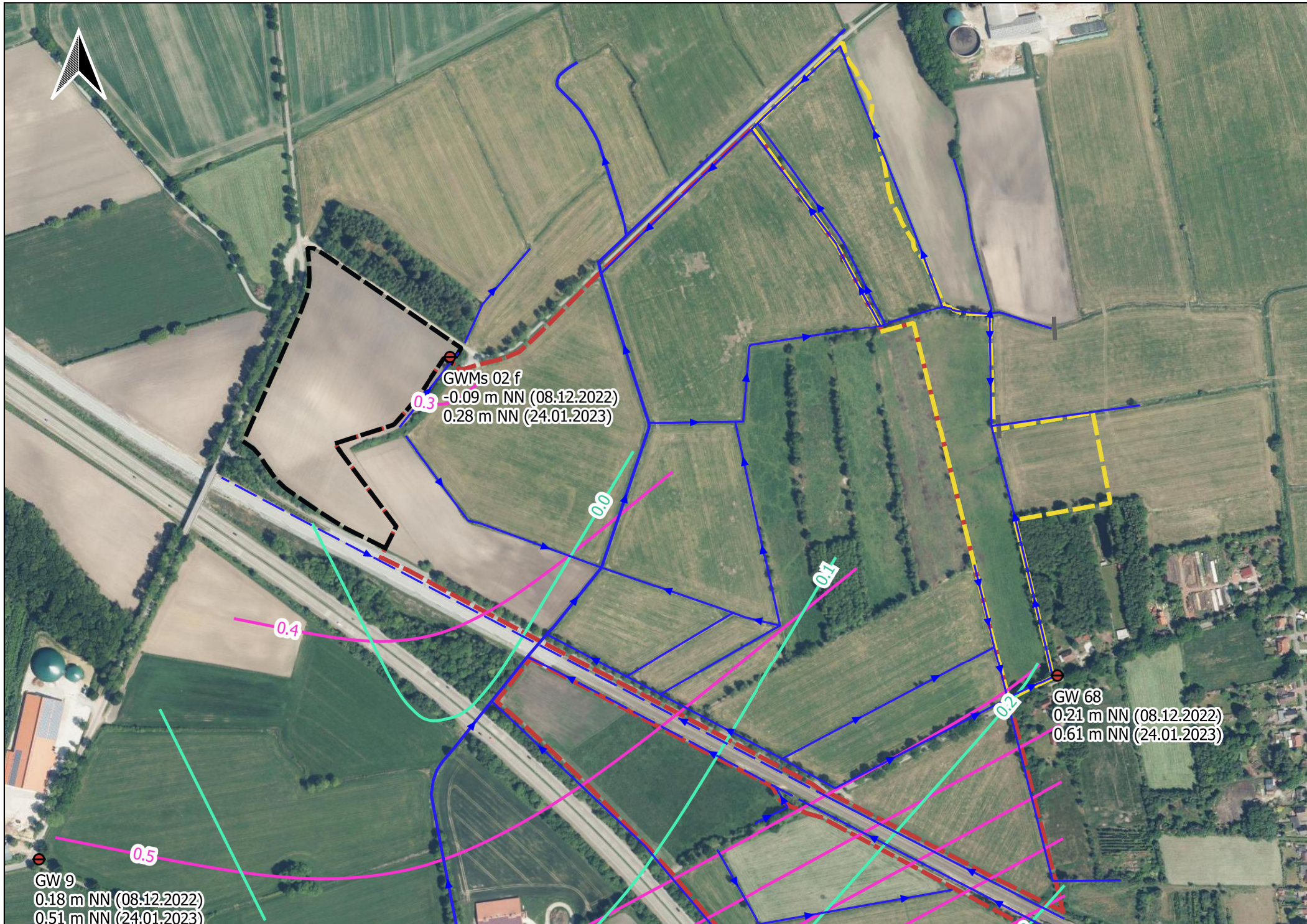
INGENIEURBÜRO LINNEMANN
BODEN | WASSER | ABFALL | TIEFBAU | ERSCHLIESSUNG

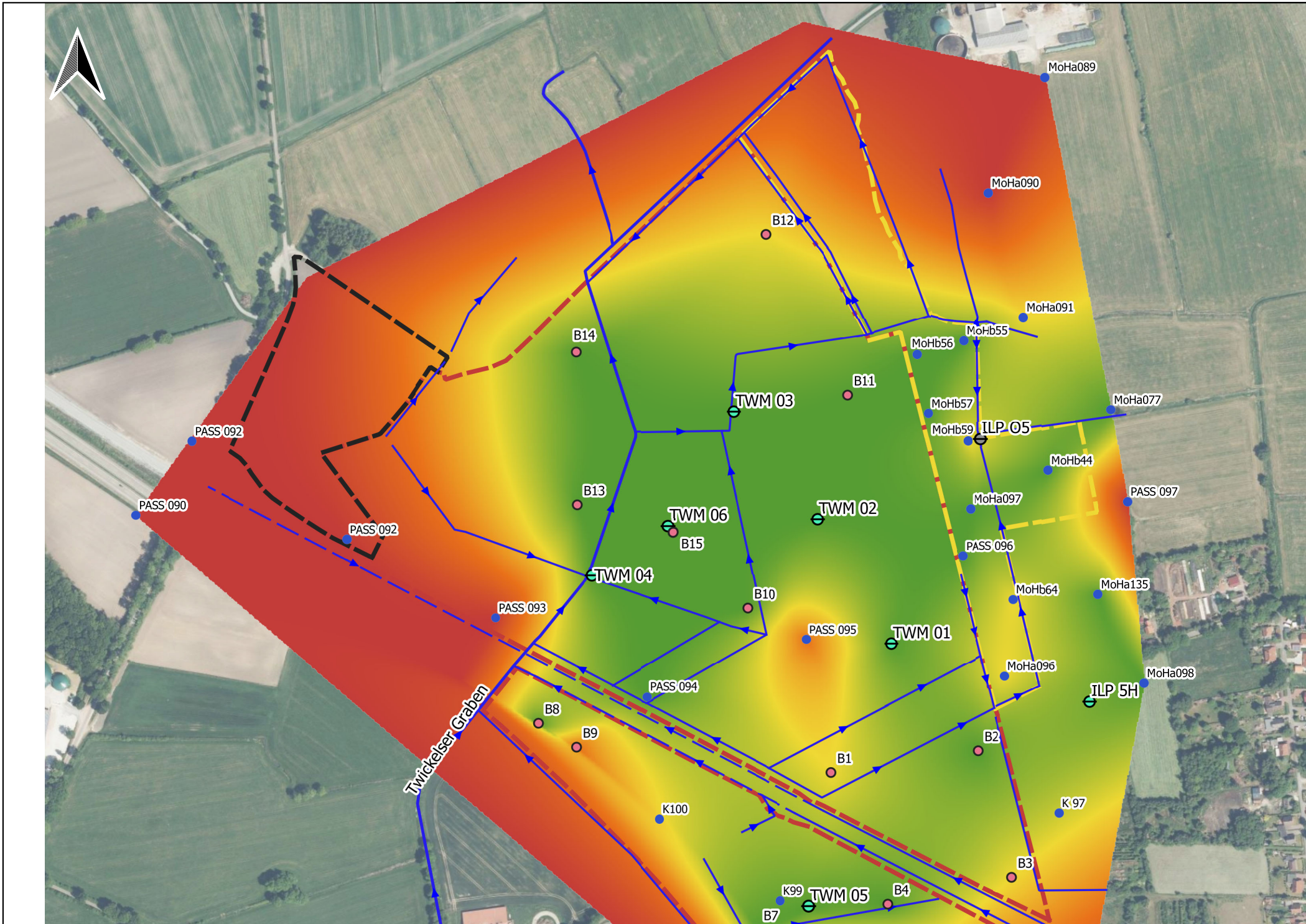
# Anlage 9.2

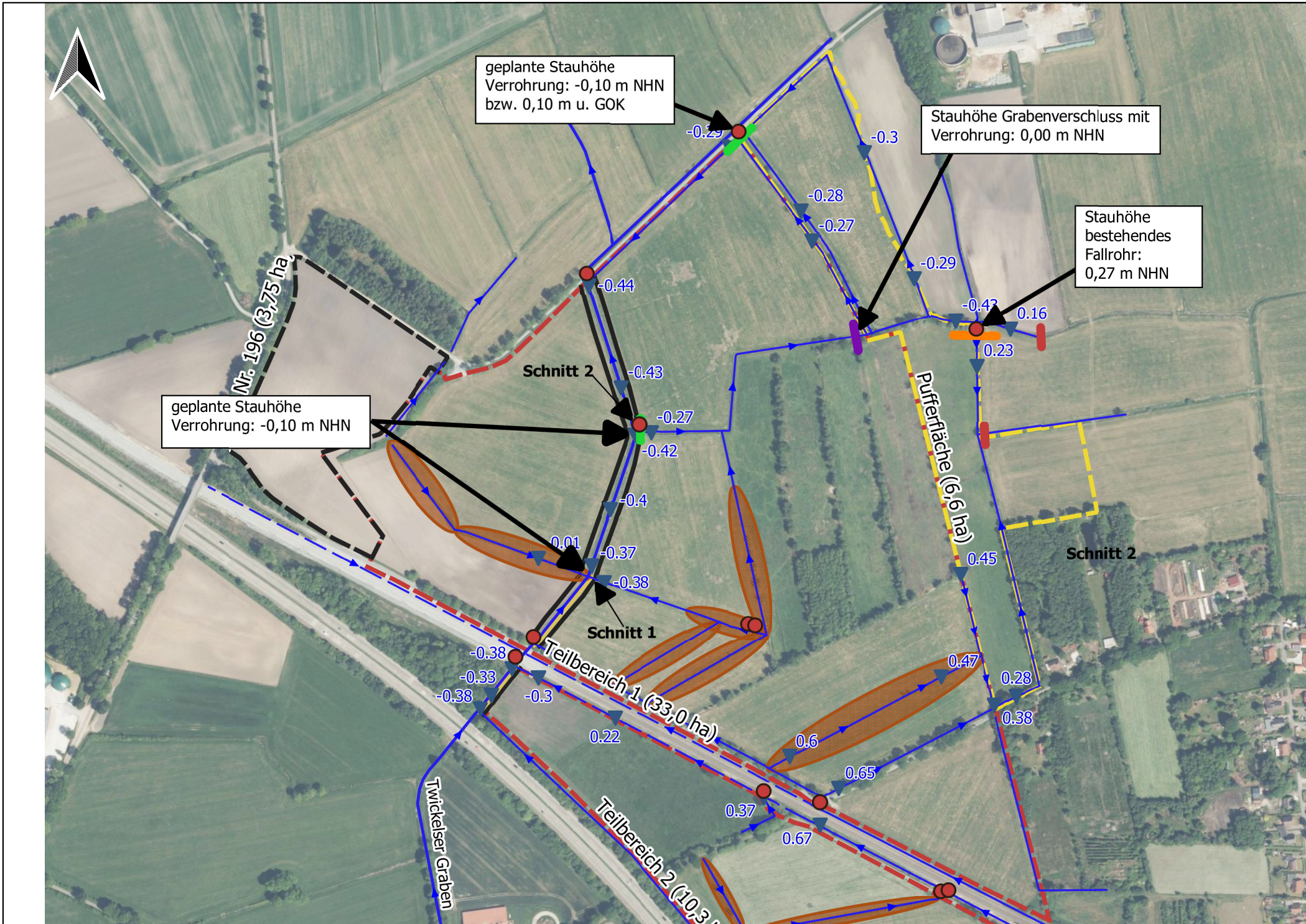
Ganglinien der
Grundwasserstände im Plangebiet
(2017–2023)


Grundwasserstände [m NN]
Wasserstand [m NN]
1.5
1.0
0.5
0.0
−0.5
−1.0
2017
2018
2019
2020
2021
GW 09
GW 68
GWMs 02f
L3
VB2f
Trend GW 09
Trend GW 68
Trend GWMs 02f
Trend L3
Trend VB2f
Monatssumme Niederschlag DWD-Station Varel
N [mm]
175
150
125
100

TWM 03
-0.34 m NN (08.12.2022)
-0.05 m NN (16.01.2023)
ILP O5
0.04 m NN (08.12.2022)
0.31 m NN (16.01.2023)
TWM 02
0.26 m NN (08.12.2022)
0.55 m NN (16.01.2023)
TWM 04
-0.46 m NN (08.12.2022)
-0.08 m NN (16.01.2023)
TWM 01
0.73 m NN (08.12.2022)
1.62 m NN (16.01.2023)
ILP 5H
1.63 m NN (08.12.2022)
2.22 m NN (16.01.2023)
TWM 05
0.0
0.2
-0.4
-0.2
0.4
0.8
1.0
1.2
0.6
1.4
1.6
0.4
0.8
0.6
1


GWMs 02 f
-0.09 m NN (08.12.2022)
0.28 m NN (24.01.2023)
GW 68
0.21 m NN (08.12.2022)
0.61 m NN (24.01.2023)
GW 9
0.18 m NN (08.12.2022)
0.51 m NN (24.01.2023)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5

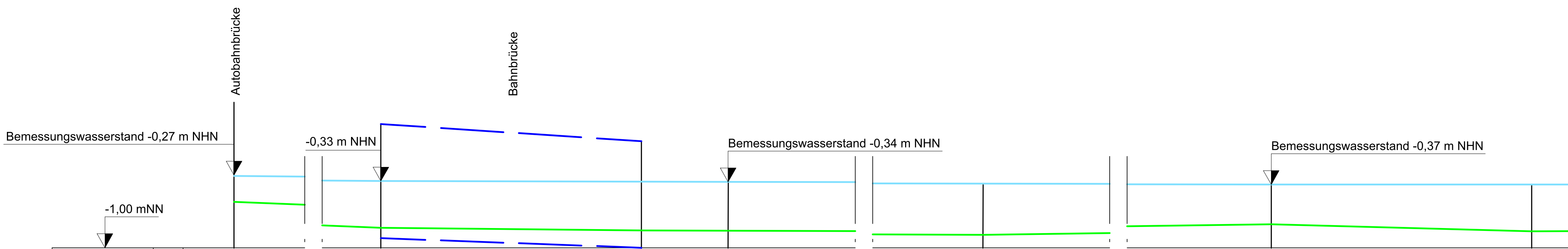

MoHa089
MoHa090
B12
MoHa091
MoHb55
B14
MoHb56
B11
TWM 03
MoHb57
MoHa077
PASS 092
MoHb59
ILP 05
MoHb44
B13
PASS 097
PASS 090
TWM 06
TWM 02
MoHa097
PASS 092
B15
PASS 096
TWM 04
MoHb64
MoHa135
B10
PASS 093
PASS 095
TWM 01
MoHa096
MoHa098
PASS 094
ILP 5H
B8
B9
B2
Twickelser Graben
B1
K100
K 97
B3
K99
TWM 05
B4
B7


geplante Stauhöhe
Verrohrung: -0,10 m NHN
bzw. 0,10 m u. GOK
Stauhöhe Grabenverschluss mit
Verrohrung: 0,00 m NHN
Stauhöhe
bestehendes
Fallrohr:
0,27 m NHN
geplante Stauhöhe
Verrohrung: -0,10 m NHN
Nr. 196 (3,75 ha)
Schnitt 2
Schnitt 1
Schnitt 2
Pufferfläche (6,6 ha)
Teilbereich 1 (33,0 ha)
Teilbereich 2 (10,3
Twickelser Graben
-0.29
-0.3
-0.28
-0.27
-0.29
-0.44
-0.43
0.16
0.23
-0.27
-0.42
-0.4
0.01
-0.37
-0.38
0.45
-0.38
-0.33
-0.38
-0.3
0.22
0.47
0.28
0.38
0.6
0.65
0.37
0.67

# Anlage 13.1

Längsprofil des Twickelser Grabens
(Bemessungswasserstand vom 10.01.2023)

# Längsschnitt Twickelser Graben

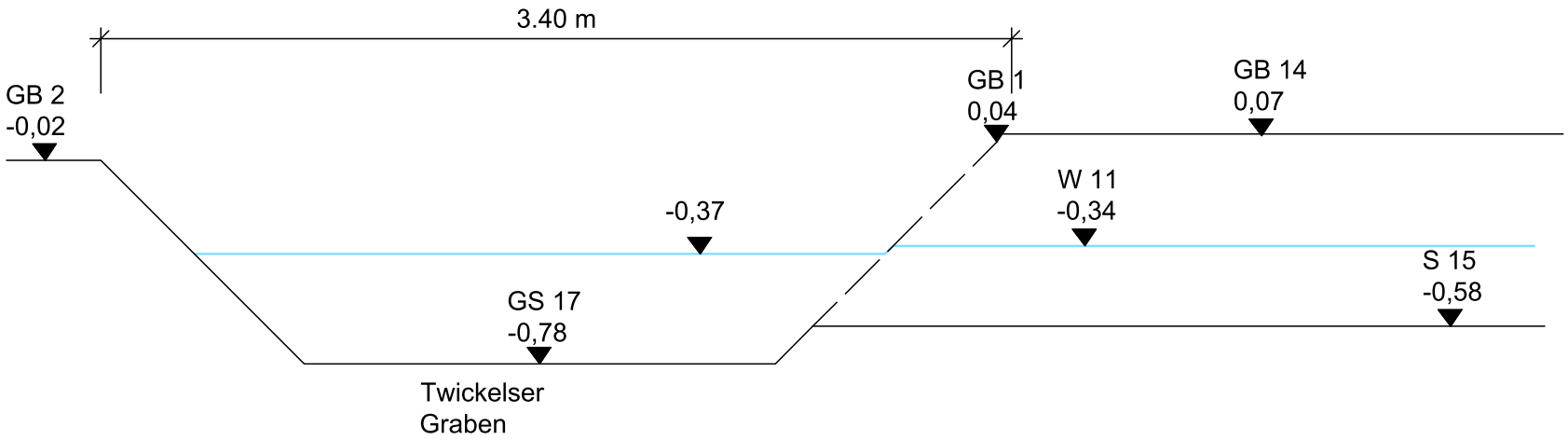



| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Grabenschulter | mNN | | | | | | | | -0,02 | | | | 0.79 |
| Rohroberkante | mNN | | | 0,43 | | 0,23 | | | | | | | |
| Rohrsohle | mNN | | | -0,89 | | -1,00 | | | | | | | |
| Grabensohle | mNN | -0,47 | | -0,77 | | -0,80 | | -0,81 | | -0,85 | | -0,73 | | -0,81 |
| Abstand | m | | 73,0 | | 30,0 | | 10,0 | | 164,0 | | 90,0 | | 30,0 | |

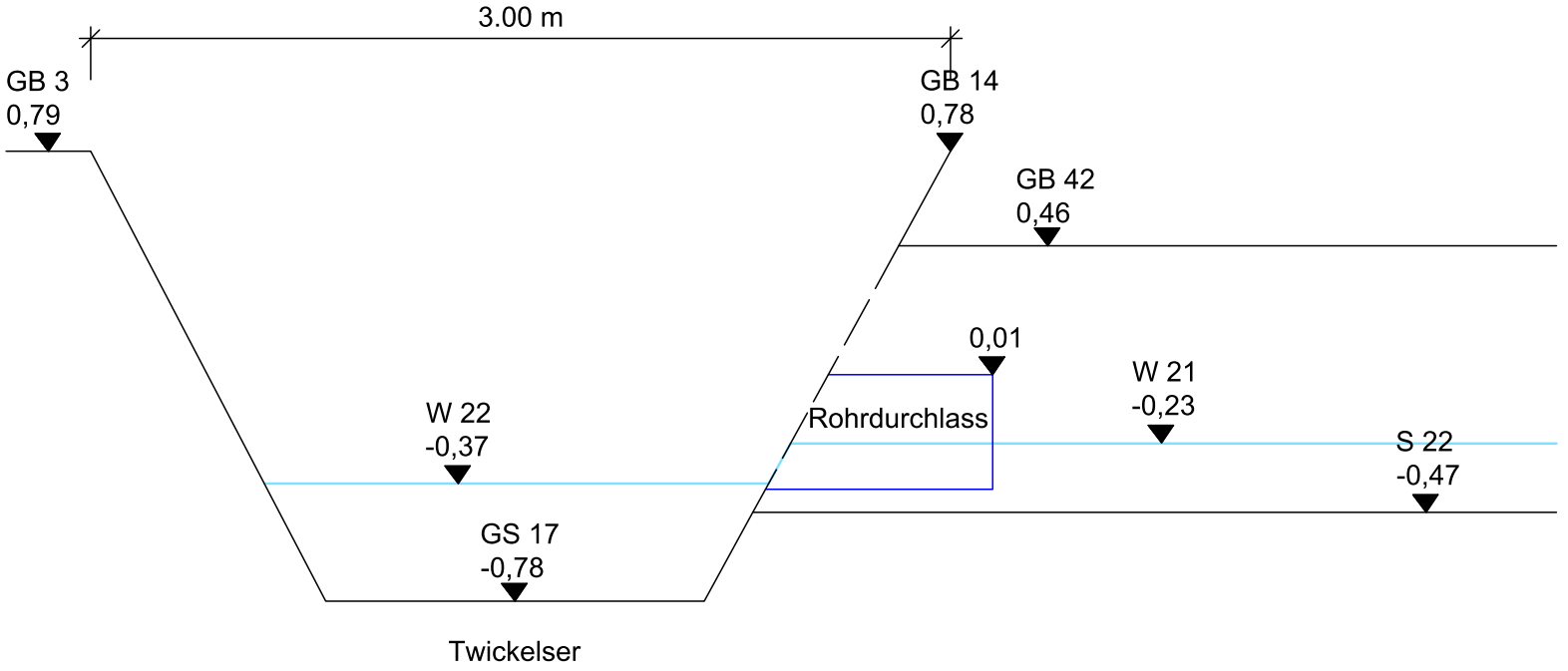
# Anlage 13.2

Schnittdarstellung
Twickelser Graben und Seitengräben
(Bemessungswasserstand vom 10.01.2023)

# Schnitt 1




# Schnitt 2




M: 1:25

**Projekt-Nr. 2749**

**Tabelle A1: Wasserstandsmessungen im Plangebiet**

| Messstelle | L. Tiefe | GOK | MPH | Abstich | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | [m u. MPH] | [m NN] | [m NN] | [m u. MPH] | | | | | | | | | | | |
| | | | | 08.12.2022 | 20.12.2022 | 22.12.2022 | 24.12.2022 | 26.12.2022 | 28.12.2022 | 31.12.2022 | 03.01.2023 | 06.01.2023 | 10.01.2023 | 11.01.2023 | 14.01.2023 |
| **TWM 01** | **2,95** | **1,83** | **3,08** | 2,35 | 2,74 | 2,26 | 2,15 | 2,08 | 2,05 | 2,02 | 1,87 | 1,7 | 1,77 | 1,65 | 1,56 |
| **TWM 02** | **2,45** | **0,72** | **1,88** | 1,62 | 1,75 | 1,64 | 1,54 | 1,55 | 1,53 | 1,52 | 1,5 | 1,44 | 1,46 | 1,4 | 1,38 |
| **TWM 03** | **1,45** | **-0,02** | **0,96** | 1,3 | 1,28 | 1,26 | 1,24 | 1,24 | 1,23 | 1,23 | 1,17 | 1,13 | 1,18 | 1,12 | 1,07 |
| **TWM 04** | **1,45** | **-0,01** | **0,92** | 1,38 | 1,41 | 1,22 | 1,34 | 1,33 | 1,32 | 1,32 | 1,23 | 1,18 | 1,27 | 1,16 | 1,09 |
| **TWM 05** | **1,95** | **0,76** | **2,00** | 1,76 | 1,8 | 1,75 | 1,68 | 1,63 | 1,6 | 1,54 | 1,47 | 1,41 | 1,43 | 1,36 | 1,32 |
| **TWM 06** | **2,00** | **0,35** | **1,32** | 1,41 | 1,24 | 1,22 | 1,18 | 1,16 | 1,14 | 1,11 | 1,07 | 1,01 | 1,03 | 0,87 | 0,85 |
| **ILP O5** | | **-0,24** | **1,26** | 1,22 | 1,22 | 1,17 | 1,15 | 1,13 | 1,11 | 1,09 | 1,03 | 1,00 | 1,01 | 0,98 | 0,98 |
| **ILP5H** | **2,10** | **2,36** | **2,97** | 1,34 | | | | | | | | | | | 0,73 |
| **GWM S02 f** | **1,14** | **1,14** | **1,63** | 1,72 | | | | | | | | | 1,32 | | |
| **GW 68** | **7,00** | **1,67** | **1,67** | 1,46 | | | | | | | | | 1,13 | | |
| **L.3** | **3,55** | **1,67** | **2,38** | 2,03 | | | | | | | | | 1,29 | | |
| **VB 2 f** | **9,52** | **3,04** | **3,43** | 3,39 | | | | | | | | | 2,99 | | |
| **GW 9** | **>30** | **7,11** | **7,69** | 7,51 | | | | | | | | | 7,08 | | |

| Messstelle | L. Tiefe | GOK | MPH | Abstich | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | [m u. MPH] | [m NN] | [m NN] | [m NN] | | | | | | | | | | | |
| | | | | 08.12.2022 | 20.12.2022 | 22.12.2022 | 24.12.2022 | 26.12.2022 | 28.12.2022 | 31.12.2022 | 03.01.2023 | 06.01.2023 | 10.01.2023 | 11.01.2023 | 14.01.2023 |
| **TWM 01** | **2,95** | **1,83** | **3,08** | 0,73 | 0,34 | 0,82 | 0,93 | 1,00 | 1,03 | 1,06 | 1,21 | 1,38 | 1,31 | 1,43 | 1,52 |
| **TWM 02** | **2,45** | **0,72** | **1,88** | 0,26 | 0,13 | 0,24 | 0,34 | 0,33 | 0,35 | 0,36 | 0,38 | 0,44 | 0,42 | 0,48 | 0,50 |
| **TWM 03** | **1,45** | **-0,02** | **0,96** | -0,34 | -0,32 | -0,30 | -0,28 | -0,28 | -0,27 | -0,27 | -0,21 | -0,17 | -0,22 | -0,16 | -0,11 |
| **TWM 04** | **1,45** | **-0,01** | **0,92** | -0,46 | -0,49 | -0,30 | -0,42 | -0,41 | -0,40 | -0,40 | -0,31 | -0,26 | -0,35 | -0,24 | -0,17 |
| **TWM 05** | **1,95** | **0,76** | **2,00** | 0,24 | 0,20 | 0,25 | 0,32 | 0,37 | 0,40 | 0,46 | 0,53 | 0,59 | 0,57 | 0,64 | 0,68 |
| **TWM 06** | **2,00** | **0,35** | **1,32** | -0,09 | 0,08 | 0,10 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,25 | 0,31 | 0,29 | 0,45 | 0,47 |
| **ILP O5** | | **-0,24** | **1,26** | 0,04 | 0,04 | 0,09 | 0,11 | 0,13 | 0,15 | 0,17 | 0,23 | 0,26 | 0,25 | 0,28 | 0,28 |
| **ILP5H** | **2,10** | **2,36** | **2,97** | 1,63 | | | | | | | | | | | 2,24 |
| **GWM S02 f** | **1,14** | **1,14** | **1,63** | -0,09 | | | | | | | | | 0,31 | | |
| **GW 68** | **7,00** | **1,67** | **1,67** | 0,21 | | | | | | | | | 0,54 | | |
| **L.3** | **3,55** | **1,67** | **2,38** | 0,35 | | | | | | | | | 1,09 | | |
| **VB 2 f** | **9,52** | **3,04** | **3,43** | 0,04 | | | | | | | | | 0,44 | | |
| **GW 9** | **>30** | **7,11** | **7,69** | 0,18 | | | | | | | | | 0,61 | | |

| Messstelle | Flurabstand | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | [m u. GOK] | | | | | | | | | | | | | | |
| | 08.12.2022 | 20.12.2022 | 22.12.2022 | 24.12.2022 | 26.12.2022 | 28.12.2022 | 31.12.2022 | 03.01.2023 | 06.01.2023 | 10.01.2023 | 11.01.2023 | 14.01.2023 | 16.01.2023 | 19.01.2023 | 22.01.2023 |
| **TWM 01** | 1,10 | 1,49 | 1,01 | 0,90 | 0,83 | 0,80 | 0,77 | 0,62 | 0,45 | 0,52 | 0,40 | 0,31 | 0,21 | 0,30 | 0,47 |
| **TWM 02** | 0,46 | 0,59 | 0,48 | 0,38 | 0,39 | 0,37 | 0,36 | 0,34 | 0,28 | 0,30 | 0,24 | 0,22 | 0,17 | 0,24 | 0,33 |
| **TWM 03** | 0,32 | 0,30 | 0,28 | 0,26 | 0,26 | 0,25 | 0,25 | 0,19 | 0,15 | 0,20 | 0,14 | 0,09 | 0,03 | 0,11 | 0,23 |