



Hydrologische Begleitung von Auszugversuchen im Rahmen der Planung einer Photovoltaikanlage in Elsfleth

Projektnummer: 3351-25
Auftraggeber: Uniper Renewables GmbH
Holzstraße 6
40221 Düsseldorf
Auftragnehmer: Ingenieurbüro Linnemann GmbH
Dr.-Munderloh-Str. 7
27798 Hude-Wüstring
Bearbeitung: Christian Bunte (M. Sc.)
Ulf Linnemann (Dipl.-Geologe)

Dieser Bericht umfasst:

- 12 Seiten
- 7 Anlagen (20 Seiten)

U. Linnemann (Dipl.-Geologe)

i.A. Christian Bunte (M. Sc.)

Hude-Wüstring, den
10.02.2026

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Veranlassung.....	1
2 Hintergrund und Untersuchungskonzept.....	1
3 Standortbeschreibung des Untersuchungsgebiets	2
4 Durchgeführte Arbeiten	2
4.1 Grundwassermessstellenbau	2
4.2 Installation von Datenloggern	3
5 Ergebnisse.....	3
5.1 Ganglinien	3
5.1.1 Hydraulische Potentiale.....	3
5.1.2 Spezifische elektrische Leitfähigkeit	5
6 Zusammenfassung und Bewertung	6
7 Empfehlungen	9

Verwendete Quellen und Unterlagen

- [1] Errichtung und Betrieb von Photovoltaik-Anlagen auf einem Moorstandort in Els-fleth-West, Machbarkeitsstudie zur Wiedervernässung, Ingenieurbüro Linne-mann, 21.10.2024.
- [2] Grundwasserdatenblatt zu Grundwassermessstelle „Huntorferdamm-Entenpool-tief“ zu elektrischer Leitfähigkeit, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasser-wirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), erreichbar unter https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/Download_OE/GW/Guete/9610085_BOL_LF25.pdf. Zugriff: 12.12.2025.
- [3] Grundwasserdatenblatt zu Grundwassermessstelle „Huntorferdamm-Entenpool-tief“ zu Grundwasserständen, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirt-schaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), erreichbar unter https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/Download_OE/GW/Brake-Oldenburg_Haupttabelle_9610085.pdf. Zugriff: 15.12.2025.
- [4] Deutscher Wetterdienst, Climate Data Center, tägliche Niederschlagsmengen Station Rastede. Zugriff: 05.02.2026.
- [5] Pull-out test protocol Elsfleth, Axial structural solutions, IT 313, 27.08.2025.

Anlagen

- Anlage 01 Übersichtskarte (M = 1:100.000)
- Anlage 02 Lageplan (M = 1:20.000, 1:50)
- Anlage 03 Ganglinien
- Anlage 04 Schichtenverzeichnisse und Ausbauprofile
- Anlage 05 (Beispiel-)Fotos der Unterkonstruktionsvarianten
- Anlage 06 Technische Zeichnung C-Profil

Tabelle A1 Stammdaten

1 VERANLASSUNG

Im Rahmen der Errichtung einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage) auf einem Moorstandort in Elsfleth wurden Auszugsversuche zur Beurteilung der statischen Eignung verschiedener Unterkonstruktionen durchgeführt. Ergänzend zu diesen Untersuchungen erfolgte eine hydrologische Begleitstudie, die sich mit den möglichen Auswirkungen der Gründungsmaßnahmen auf den langfristigen Moorwasserhaushalt befasste.

Ziel der hydrologischen Untersuchung war es, zu analysieren, ob die Entfernung der eingebrachten Gründungskonstruktion aus dem Untergrund (Torfkörper, Muddeschicht und mineralischer Untergrund) zu einer messbaren Änderung des hydraulischen Potentials oder der elektrischen Leitfähigkeit der einzelnen hydrogeologischen Einheiten führt. Dabei sollte die Möglichkeit eines hydraulischen Kurzschlusses zwischen dem Torf- und Grundwasserkörper untersucht werden. Die Ergebnisse ermöglichen eine Abschätzung der Auswirkungen auf den Moorwasserhaushalt nach dem Rückbau der PV-Anlage am Ende ihrer Nutzungsdauer.

Mit den erforderlichen Leistungen wurde das Ingenieurbüro Linnemann (ILP) auf Basis des Angebotes vom 22.10.2025 mit Bestellung vom 28.10.2025 (Bestellung 4501038805/D33/8000) von der Uniper Renewables GmbH beauftragt.

Der Bericht zu der hydrologischen Untersuchung wird hiermit vorgelegt.

2 HINTERGRUND UND UNTERSUCHUNGSKONZEPT

Bislang liegen nach aktuellem Kenntnisstand keine spezifischen Untersuchungen zu den Auswirkungen des Rückbaus von PV-Unterkonstruktionen auf die hydraulischen Eigenschaften oder die Hydrochemie von Torfkörpern vor. Als potentiell kritische Phase gilt dabei weniger das Einbringen, sondern vielmehr die spätere Extraktion der Unterkonstruktionen.

Ein Herausziehen der Unterkonstruktionen könnte die Muddeschicht lokal beeinträchtigen oder zerstören, wodurch die hydraulische Trennung zwischen Torf- und Grundwasserkörper eingeschränkt werden könnte (Gefahr eines hydraulischen Kurzschlusses). Es ist davon auszugehen, dass sich ein solcher Effekt durch eine Angleichung der hydraulischen Potenziale sowie der spezifischen elektrischen Leitfähigkeiten beider Wasserkörper zeigt. Voraussetzung hierfür ist eine natürliche Differenz dieser Parameter, was aufgrund des hydrogeologischen Kontextes des vorliegenden Hochmoorstandorts als plausibel vorausgesetzt wird.

Im Rahmen der Feldversuche wurden gemäß der Planung [5] drei Varianten von Unterkonstruktionen untersucht:

- Screws (Schraubfundamente / Erdschrauben)
- Helical Piles (Schraubfundamente)
- C-Profile

In **Anlage 05** sind (Beispiel-)Fotos der Unterkonstruktionsvarianten dargestellt.

Zur Erfassung der hydrologischen und hydrochemischen Auswirkungen wurden drei Messstellengruppen eingerichtet. Dabei wurden bestehende Torfwassermessstellen (TWM) genutzt und um neu errichtete Grundwassermessstellen (GWM) ergänzt. Um eine präzise Datenerhebung im direkten Einflussbereich der Baumaßnahme zu gewährleisten, wurden die TWM, GWM und die Standorte der Auszugversuche in einem engen Verband mit einem maximalen Abstand von je 1,5 m zueinander angeordnet. Die kontinuierliche Messung der Potentiale und Leitfähigkeiten erfolgte über in den Messstellen installierte Datenlogger.

3 STANDORTBESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETS

Der Solarpark Elsfleth-West ist auf Flächen in der Gemeinde Elsfleth im Landkreis Wesermarsch geplant und in drei Teilbereiche gegliedert. Die vorliegenden Untersuchungen wurden repräsentativ auf der Fläche des Teilbereichs 1 durchgeführt. Aufgrund der vergleichbaren bodenkundlichen und hydrologischen Standortmerkmale innerhalb des Projektgebiets sind die erzielten Ergebnisse grundsätzlich auf die weiteren Teilbereiche übertragbar [1].

Eine genaue Standortbeschreibung des Untersuchungsgebiets ist [1] zu entnehmen.

4 DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN

4.1 Grundwassermessstellenbau

Zur hydrogeologischen Datenaufnahme im Nahbereich der Auszugversuche wurden am 29.10.2025 durch drei Mitarbeitende des Ingenieurbüro Linnemann drei Grundwassermessstellen (GWMs) in direkter Nähe zu bereits bestehenden Torfwassermessstellen (TWMs) installiert. Die TWMs wurden im Rahmen von [1] gebaut. Die Lage der Messstellengruppen ist in **Anlage 02** dargestellt. Die Stammdaten der Messstellen sind in **Tabelle A1** aufgezeigt.

Die Ausbauprofile der GWMs und TWMs sind in **Anlage 04** dargestellt. Die Filterlagen der GWMs befinden sich unmittelbar unterhalb der Unterkante der Muddeschicht. Im Tiefenhorizont unterhalb der Muddeschicht wurden Fein- und Mittelsande erbohrt. Für eine genaue Beschreibung der Ergebnisse der Torfsondierungen sei an dieser Stelle auf [1] verwiesen.

4.2 Installation von Datenloggern

Zur Aufzeichnung der hydraulischen Potentiale und den spezifischen elektrischen Leitfähigkeiten wurden am 28.10.2025 in den TWMs und GWMs DIVER-Datenlogger installiert. Das Messintervall betrug 10 Minuten. Der Rückbau der Datenlogger erfolgte am 05.02.2026.

5 ERGEBNISSE

Die Installation der Unterkonstruktionen erfolgte am 12.11.2025. Die Unterkonstruktionen wurden bis in eine Tiefe zwischen 3,5 bis 4 m u. GOK in den mineralischen Untergrund eingebracht. Am 28.11.2025 wurden die Auszugversuche durchgeführt; eine Verfüllung der dabei entstandenen Hohlräume erfolgte nach Aussagen des Auftraggebers nicht.

Die Auswertung der Auswirkungen erfolgt spezifisch über die installierten Messstellengruppen:

- Messstellengruppe 02 (ELS-02 und GWM-02): Referenz für die Unterkonstruktion „Screw“ (Schraubfundamente / Erdschrauben).
- Messstellengruppe 03 (ELS-03 und GWM-03): Referenz für die Unterkonstruktion „Helical Pile“ (Schraubfundamente).
- Messstellengruppe 04 (ELS-04 und GWM-04): Referenz für die Unterkonstruktion C-Profil.

Der relevante Beobachtungszeitraum für die Aufzeichnung der hydraulischen Potentiale und der spezifischen elektrischen Leitfähigkeiten umfasst die Zeitspanne vom 28.10.2025 bis zum 04.02.2026.

5.1 Ganglinien

5.1.1 Hydraulische Potentiale

In **Abbildung 1** in **Anlage 03** sind die Ganglinien der aufgezeichneten hydraulischen Potentiale im Grund- und Torfwasserkörper innerhalb des Zeitraums vom 28.10.2025 bis 04.02.2026 und die tägliche Niederschlagsmenge an der DWD-Station Rastede [4] dargestellt.

Die höchsten hydraulischen Potentiale wurden innerhalb des Beobachtungszeitraums in der Messstelle ELS-03 aufgezeichnet. Sie bewegten sich zwischen rund -0,5 mNHN und etwa 0,1 mNHN. Die niedrigsten hydraulischen Potentiale traten zunächst in GWM-02 auf;

ab dem 21.11.2025 verlagerte sich das Minimum nach ELS-04, wo Werte bis etwa - 1,4 mNHN gemessen wurden.

Auffällig ist die unmittelbare Reaktion der TWMs ELS-03 und ELS-04 auf Niederschlagsereignisse. Bereits kurz nach Regenfällen stiegen die hydraulischen Potentiale an, in ELS-03 besonders ausgeprägt: Der Niederschlag zwischen dem 13. und 16.11.2025 führte hier zu einem Anstieg um rund 0,5 m – dem stärksten innerhalb des betrachteten Zeitraums. Die in TWM ELS-02 aufgezeichneten Werte zeigen hingegen eine deutlich geringere Schwankungsbreite.

Im Gegensatz zu den TWMs reagierten die GWMs insgesamt verlangsamt auf Niederschläge. Am stärksten ausgeprägt ist die Reaktion in GWM-03. GWM-02 zeigte über den gesamten Betrachtungszeitraum einen langsamen, stetigen Anstieg der hydraulischen Potentiale, der nach dem 28.11.2025 in einen weitgehend stabilen Zustand überging.

Dieser schrittweise Anstieg bewirkte, dass das hydraulische Potential im Torfwasser – repräsentiert durch ELS-02 – bis zum 25.11.2025 ein höheres hydraulisches Potential aufwies als das Grundwasser. Anschließend kam es zu einer Umkehr, sodass bis zum Ende des Beobachtungszeitraums das hydraulische Potential im Grundwasser über dem des Torfwassers lag. Die im Vergleich gedämpften Reaktionen von ELS-02 könnten sich aus der Lage in unmittelbarer Nähe zu einem Hauptvorfluter erklären, der maßgeblich zur Entwässerung beiträgt und somit Schwankungen der hydraulischen Potentiale reduzieren könnte. Zum Ende des Beobachtungszeitraums lag das hydraulische Potential in Messstellengruppe 02 (ELS-02 und GWM-02) im Torfwasserkörper rd. 0,1 m unterhalb des Grundwasserkörpers.

In der Messstellengruppe 03 (ELS-03 und GWM-03) lag das hydraulische Potential im Torfwasser während des gesamten Untersuchungszeitraums über dem des Grundwassers. Auffälligkeiten ergaben sich im Verlauf der Ganglinie von GWM-03, die kurzfristige Abnahme der hydraulischen Potentiale aufwies (u.a. am 14.11., 21.11. und 26.11.2025). Zum Ende des Beobachtungszeitraums lag das hydraulische Potential im Torfwasserkörper rd. 0,75 m oberhalb des Grundwasserkörpers.

In der Messstellengruppe 04 (ELS-04 und GWM-04) lagen die hydraulischen Potentiale im Torf- und Grundwasserkörper auf einem ähnlichen Niveau. Die Niederschläge vom 13. bis 16.11.2025 führten dazu, dass das hydraulische Potential im Torfwasserkörper bis zum 21.11.2025 über dem des Grundwassers lag. Danach kehrte sich das Verhältnis um, sodass bis zum 07.12.2025 das hydraulische Potential im Grundwasser über dem des Torfwassers lag. Die erneute Annäherung der Potentiale ist auf die Niederschlagsereignisse

am 06. und 07.12.2025 zurückzuführen. Ähnliche Verläufe (kurzweilig ist TWM höher als GWM) wurde zwischen 08.12.2025 und 09.12.2025 sowie 02.01 – 03.01.2026 und 13.01. – 14.01.2026 gemessen. Zum Ende des Beobachtungszeitraums lag das hydraulische Potential im Torfkörper rd. 0,25 m unter dem des Grundwasserkörpers.

Über den gesamten Beobachtungszeitraum ist das Grundwasser unter Berücksichtigung der Bohrprofile in allen GWMs als gespannt anstehend zu klassifizieren, da die hydraulischen Potentiale oberhalb der geringleitenden Muddeschicht liegen. Eine Ausnahme bildet hierbei die Messstelle GWM-02, an der erst nach Erreichen eines relativ konstanten Niveaus von ca. -1,2 mNHN ab dem 28.11.2025 von diesem Zustand auszugehen ist.

5.1.2 Spezifische elektrische Leitfähigkeit

In **Abbildung 2** in **Anlage 03** sind die Ganglinien der aufgezeichneten spezifischen elektrischen Leitfähigkeiten in den Grund- und Torfwassermessstellen innerhalb des Beobachtungszeitraums vom 28.10.2025 bis 05.02.2026 und die tägliche Niederschlagsmenge an der DWD-Station Rastede [4] dargestellt.

Nach dem Anstieg des hydraulischen Potentials in GWM-02 wurden dort durchgehend die höchsten spezifischen elektrischen Leitfähigkeiten registriert. Die auffälligen Werte von über 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ könnten auf Messfehler des Datenloggers zurückzuführen sein. Möglich erscheint auch ein Zusammenhang mit dem kontinuierlich ansteigenden hydraulischen Potential in dieser Messstelle.

Abgesehen von GWM-02 wurden die höchsten Leitfähigkeiten mit rund 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in GWM-03 gemessen. Die niedrigsten Werte traten zunächst bis zum 16.11.2025 in ELS-02 auf und danach in GWM-04; sie bewegten sich zwischen etwa 110 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und 180 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Die Leitfähigkeit in ELS-03 reagierte am ausgeprägtesten auf Niederschläge (bspw. 13.11.-19.11.2025, 06.12. – 11.12.2025). Kurzzeitig stiegen die Werte an, pendelten sich jedoch anschließend wieder auf ein relativ konstantes Niveau um etwa 220 bis 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ein.

In der Messstellengruppe 02 (ELS-02 und GWM-02) lag die Leitfähigkeit im Grundwasser über der im Torfwasser. Die Leitfähigkeit in ELS-02 blieb über den Zeitraum hinweg nahezu konstant bei etwa 180 $\mu\text{S}/\text{cm}$; lediglich nach Niederschlägen war ein geringer Anstieg erkennbar. In GWM-02 hingegen fiel die Leitfähigkeit nach einem abrupten Anstieg auf etwa 1.400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ am 31.10.2025 bis zum Ende des Beobachtungszeitraums auf ein nahezu konstantes Niveau von etwa 550 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ab. Zum Ende des Beobachtungszeitraums lag die Leitfähigkeit im Torfwasser in etwa 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$ unterhalb der des Grundwassers.

In der Messstellengruppe 03 (ELS-03 und GWM-03) lagen die Leitfähigkeiten im Grundwasser grundsätzlich über denen des Torfwassers; Ausnahmen bildete der 16.11.2025 und der Zeitraum vom 09.12. – 15.12.2025, an denen infolge der Niederschläge kurzfristig höhere Werte im Torfwasser als im Grundwasser gemessen wurden. Zum Ende des Beobachtungszeitraums lag die Leitfähigkeit im Torfwasser etwa 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ unterhalb der des Grundwassers.

In der Messstellengruppe 04 (ELS-04 und GWM-04) lagen die Leitfähigkeiten zu Beginn auf einem ähnlichen Niveau von etwa 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nach den Niederschlägen vom 13. bis 16.11.2025 erhöhte sich die Leitfähigkeit in ELS-04 auf etwa 230 $\mu\text{S}/\text{cm}$, während sie sich in GWM-04 gleichzeitig auf etwa 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ verringerte. Diese konstanten Niveaus wurden bis zum Ende des Beobachtungszeitraums gemessen. Zum Ende des Beobachtungszeitraums lag die Leitfähigkeit im Torfwasser etwa 110 $\mu\text{S}/\text{cm}$ oberhalb der des Grundwassers.

Ein Anstieg der Leitfähigkeiten im Torfwasser infolge von Niederschlägen könnte auf oberflächennahe Auswaschungen zurückzuführen sein, da die Flächen landwirtschaftlich genutzt werden. Dieser Effekt ist in ELS-03 und ELS-04 deutlich ausgeprägt; in ELS-02 hingegen lässt er sich nicht beobachten – vermutlich wirkt die Nähe des Vorfluters stabilisierend auf die Verhältnisse.

Nach Sichtung der Daten der Landesgrundwassermessstellen des Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) liegt der Hintergrundwert der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit in der Umgebung des Untersuchungsgebietes im Tiefenbereich zwischen 7,90 bis 9,90 m u. GOK bei rund 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ [2].

6 ZUSAMMENFASSUNG UND BEWERTUNG

Die Untersuchungsergebnisse stützen die Hypothese einer Angleichung der hydraulischen Potentiale sowie der spezifischen elektrischen Leitfähigkeiten infolge einer potentiellen Zerstörung der Muddeschicht durch den Rückbau der Unterkonstruktionen nicht. Auf Basis der vorliegenden Daten konnte bei keiner der Messstellengruppen ein Effekt nachgewiesen werden, der auf die Entstehung hydraulischer Kurzschlüsse hindeutet; dies gilt unabhängig von der jeweils eingesetzten Unterkonstruktionsart.

Anhand des gewählten Versuchsaufbaus konnten somit nicht belegt werden, dass der Rückbau der Unterkonstruktion einen dauerhaften hydraulischen Kurzschluss oder langfristige Auswirkungen auf den Moorwasserhaushalt verursacht. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass der Beobachtungszeitraum der hydraulischen und chemischen Parameter nach dem Rückbau ca. zwei Monate betrug.

Auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse ist davon auszugehen, dass an den Standorten der extrahierten Unterkonstruktionen wahrscheinlich ein Prozess der selbstständigen Wiederversiegelung eintritt. Diese Eigenschaft organischer Böden ermöglicht es dem Gefüge, sich nach einer mechanischen Störung eigenständig zu regenerieren. Aufgrund der spezifischen elastischen Eigenschaften des Torfs sowie der hohen Wassersättigung des Hochmoorbodens (vgl. **Anlage 04**) ist es schlüssig, dass das umgebende Material die entstandenen Hohlräume nach dem Rückbau der Unterkonstruktionen verfüllt und somit eine hydraulische Trennung der hydrogeologischen Einheiten wiederhergestellt hat.

Unter hydrologischen Gesichtspunkten sind gerammte Profilunterkonstruktionen gegenüber gebohrten Unterkonstruktionen zu bevorzugen. Aufgrund der geringeren Materialverdrängung beim Einbringen minimiert sich das Risiko für hydraulische Kurzschlüsse nach dem späteren Rückbau erheblich. Ein weiterer technischer Vorteil besteht darin, dass bei Rammschlitzen – im Gegensatz zu Bohrlöchern – ein nachträgliches Verfüllen entfällt.

Auf Basis der statischen Auszugversuche wird seitens des Auftraggebers die Verwendung gerammter Profile (C-, Z- oder V-Form) für die Unterkonstruktion favorisiert; die finale Profilwahl steht derzeit noch aus. Die vorläufige, im Rahmen der Auszugversuche getestete, Variante der C-Profile als Unterkonstruktionsvariante ist in **Anlage 06** dargestellt. Alternative Befestigungsmethoden wie Erdschrauben („Helical Piles / Screws“) wurden infolgedessen für die weitere Planung verworfen.

Die Gesamtfläche der drei Teilbereiche beläuft sich auf ca. 234,89 ha [1]. Gemäß Aussagen des Auftraggebers sind laut indikativen Planungsdaten zunächst zwischen 90.000 und 115.000 Unterkonstruktionen für die Errichtung der PV-Anlagen vorgesehen. Auf Basis der Vorplanung eines C-Profils mit einer Querschnittsfläche von 696 mm² (vgl. **Anlage 06**) ergibt sich daraus eine mechanische Inanspruchnahme des Bodens durch die Unterkonstruktionen von 62,64 m² bis 80,04 m². Dies entspricht einem Anteil von 0,0027 % bis 0,0034 % der Gesamtfläche.

Gestützt wird diese quantitative Einordnung durch die vorliegenden Untersuchungsergebnisse, die zeigen, dass bereits in einem Abstand von etwa einem Meter zum Auszugspunkt keine signifikanten hydrologischen Auswirkungen nachweisbar sind. In Anbetracht dieser geringfügigen Belastung ist davon auszugehen, dass die hydrologische Integrität des langfristigen Moorwasserhaushalts sowie die stockwerkstrennende Funktion der Muddeschicht sehr wahrscheinlich erhalten bleiben.

Dabei ist jedoch einschränkend zu berücksichtigen, dass die Übertragbarkeit der Ergebnisse von den untersuchten Einzelpunkten auf bis zu 120.000 Installationspunkte

methodische Grenzen aufweist. Aufgrund der naturgemäß heterogenen Verhältnisse innerhalb der hydrogeologischen Einheiten kann die Repräsentativität der Stichproben für die gesamte Fläche nur bedingt vorausgesetzt werden. Es ist nicht gänzlich auszuschließen, dass eine Summation kleinräumiger, im Versuch nicht messbarer Einflüsse in der Masse zu Veränderungen führt. Dennoch lässt sich nach aktuellem Kenntnisstand festhalten, dass auch für den Zeitraum nach Ablauf der Nutzungsdauer – bei einem fachgerechten Rückbau der Unterkonstruktionen – aus hydrologischer Sicht sehr wahrscheinlich keine nachhaltigen negativen Folgen für den Standort zu erwarten sind.

Da das hydraulische Potential des Grundwasserkörpers stellenweise über dem des Torfwasserkörpers liegt (vgl. Messstellengruppen 02 und 04), könnten bei flächendeckenden hydraulischen Kurzschlüssen nach Rückbau der PV-Anlage Wassermassen aus dem Grundwasserkörper vertikal in den Torfkörper aufsteigen und diesen chemisch beeinflussen. Dies setzt voraus, dass die hydrologischen Bedingungen am Ende der Nutzungsdauer der PV-Anlage noch weitgehend dem heutigen Zustand entsprechen.

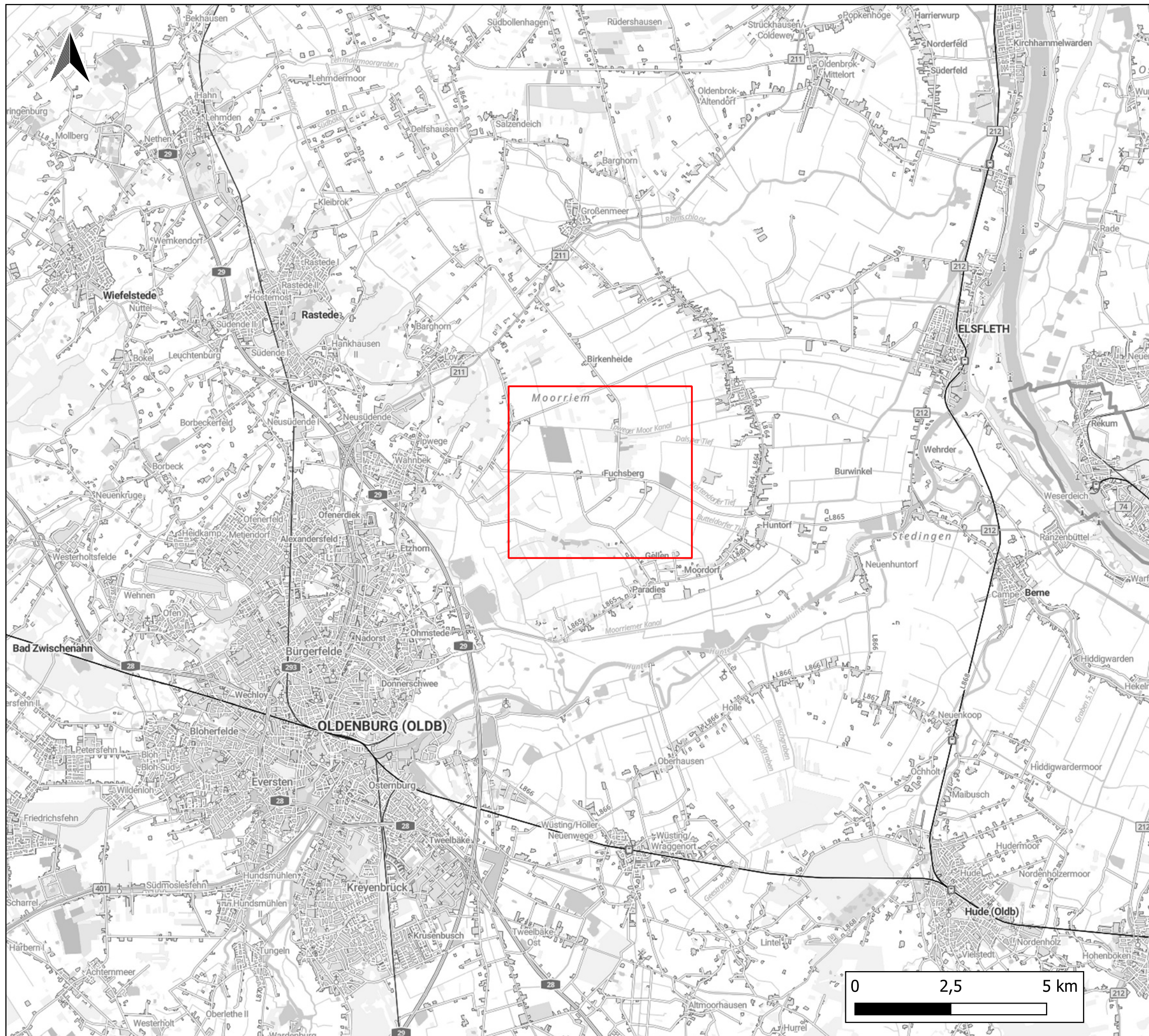
Sollte es nach dem Rückbau der PV-Anlage aufgrund der Entfernung der Unterkonstruktionen dennoch flächendeckend zu hydraulischen Kurzschlüssen zwischen Torf- und Grundwasserkörper kommen, wäre der vertikale Abfluss von Wassermassen aus dem Torfkörper in den Grundwasserleiter aufgrund der vorherrschenden gespannten Grundwasserverhältnisse (das hydraulische Potential des Grundwassers liegt oberhalb der Muddeschicht) deutlich vermindert. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die vorliegenden Messungen während des hydrologischen Winterhalbjahres mit tendenziell höheren Grundwasserständen durchgeführt wurden. Die Auswertung langjähriger Monatsmittelwerte einer Landesgrundwassermessstelle im Nahbereich des Untersuchungsgebiets weist einen Schwankungsbereich von etwa 0,2 m zwischen Höchst- und Niedrigständen aus [3]. Wird dieser Schwankungsbereich als repräsentativ für die Verhältnisse im Untersuchungsgebiet angesehen, kann auch für die hydrologischen Sommermonate im Mittel weiterhin von gespannten Verhältnissen des Grundwasserleiters ausgegangen werden, sodass auch dann wahrscheinlich kein signifikanter vertikaler Wasserabfluss aus dem Torfkörper zu erwarten ist.

7 EMPFEHLUNGEN

Basierend auf den vorliegenden Untersuchungsergebnissen wird für die Umsetzung sowie den späteren Rückbau der Unterkonstruktionen der PV-Anlage der folgende Maßnahmenkatalog empfohlen:

- **Wahl der Unterkonstruktion:** Aus hydrologischer Sicht ist die Verwendung gerammter Profile gegenüber gebohrten Varianten zu bevorzugen. Aufgrund ihres geringeren Querschnitts minimieren sie die Bodenverdrängung und reduzieren das Risiko für die Entstehung hydraulischer Kurzschlüsse signifikant.
- **Rückbau der Unterkonstruktionen:** Beim Rückbau ist darauf zu achten, dass die Profile langsam und mit einer möglichst vertikalen Zugführung aus dem Boden entfernt werden. Durch dieses kontrollierte Herausziehen wird sichergestellt, dass das umliegende Bodenmaterial (insbesondere die geringdurchlässige Muddeschicht) kontrolliert nachfließen kann und die Entstehung irreversibler Hohlräume oder bevorzugter Fließwege vermieden wird.
- **Langfristiges Monitoring:** Zur Beweissicherung wird die Errichtung einer zusätzlichen Messstellengruppe ab Ende der Anlagenlaufzeit empfohlen. Diese sollte im zentralen Bereich des Untersuchungsgebiets – unbeeinflusst von Randeffekten durch Entwässerungsgräben – positioniert werden, um ein Monitoring der hydraulischen Potentiale und Leitfähigkeiten nach dem Rückbau der Unterkonstruktionen zu ermöglichen.

Anlagen



Legende

 Untersuchungsgebiet

M: 1 : 100.000

Auftraggeber: **Uniper Renewables GmbH**

Vorhaben: **Solarpark Elsfleth West**

Projekt: **Auszugversuche**

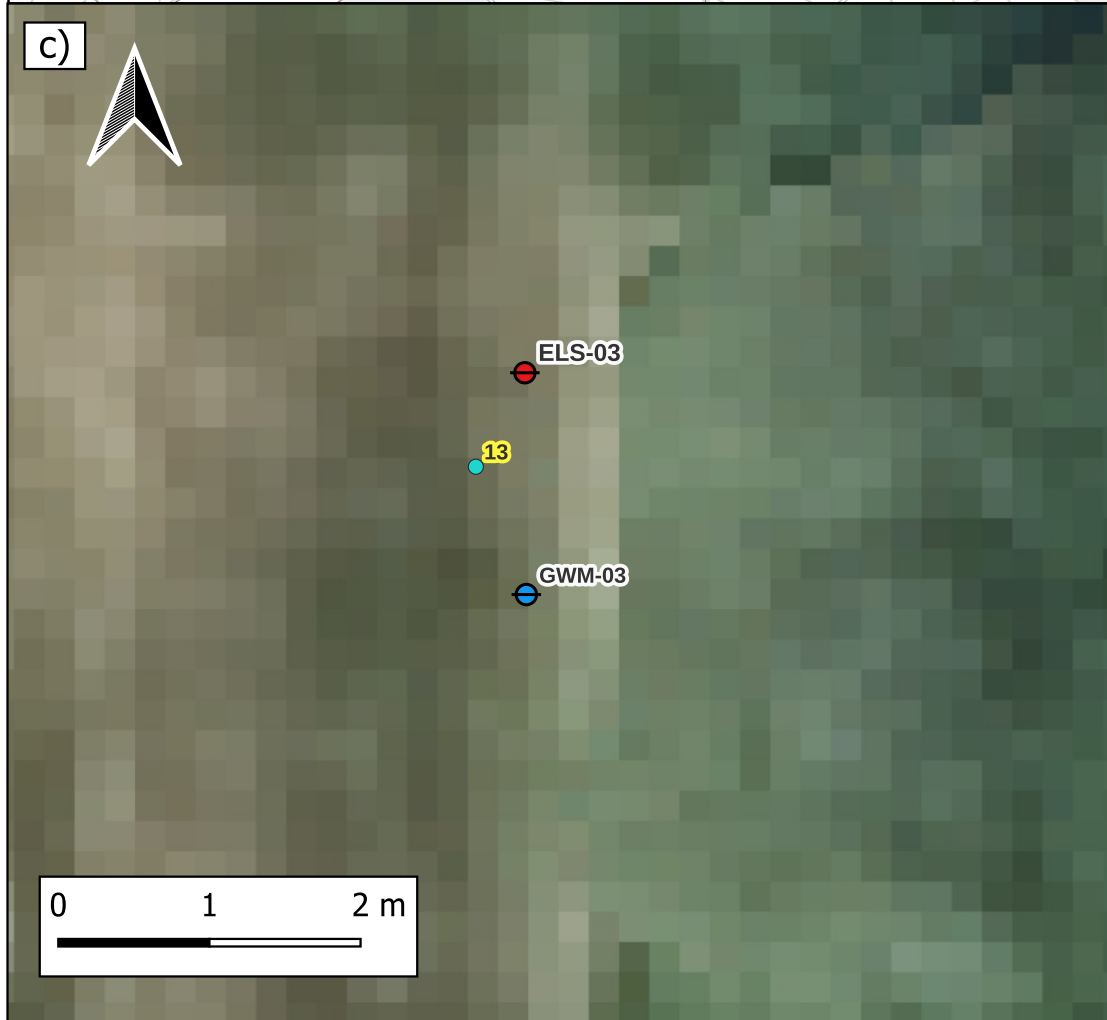
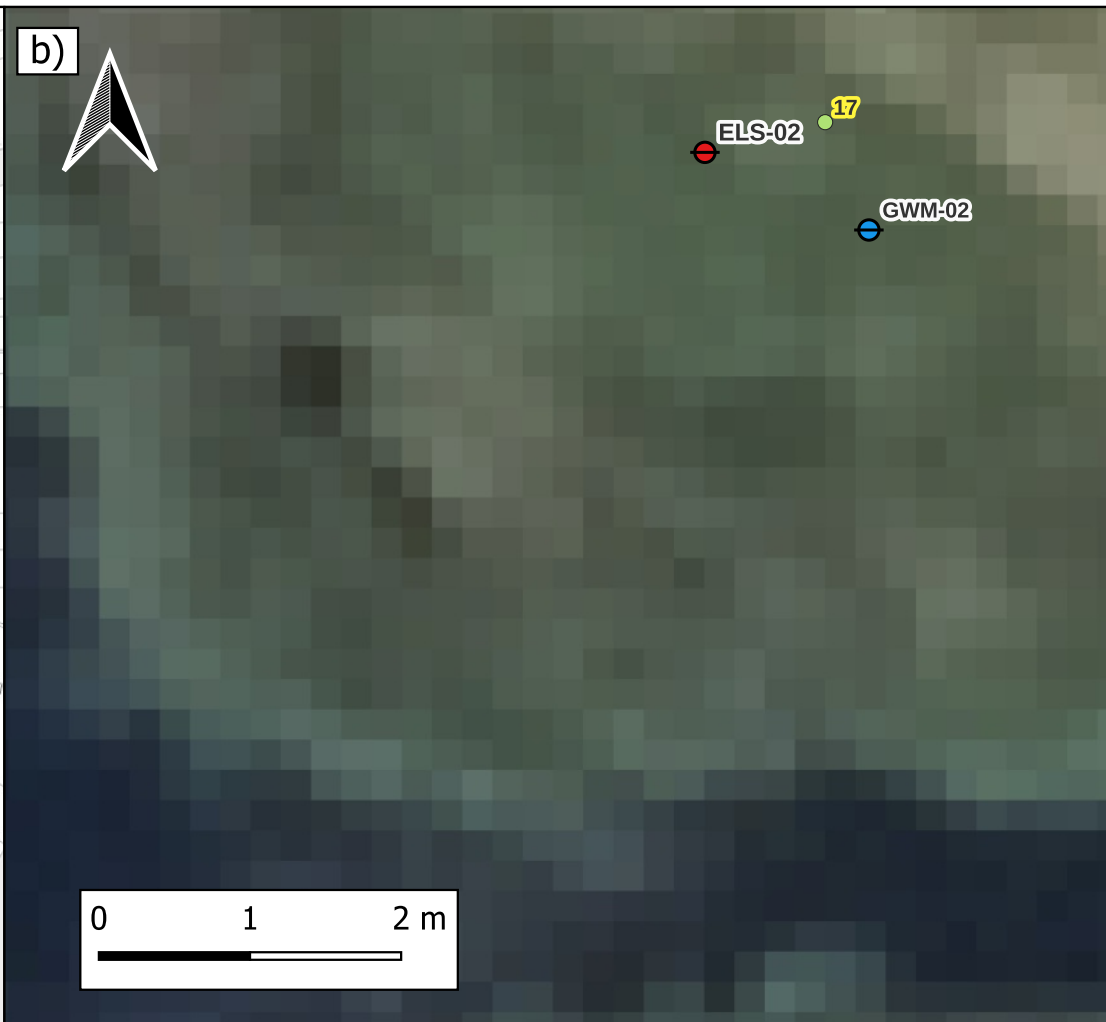
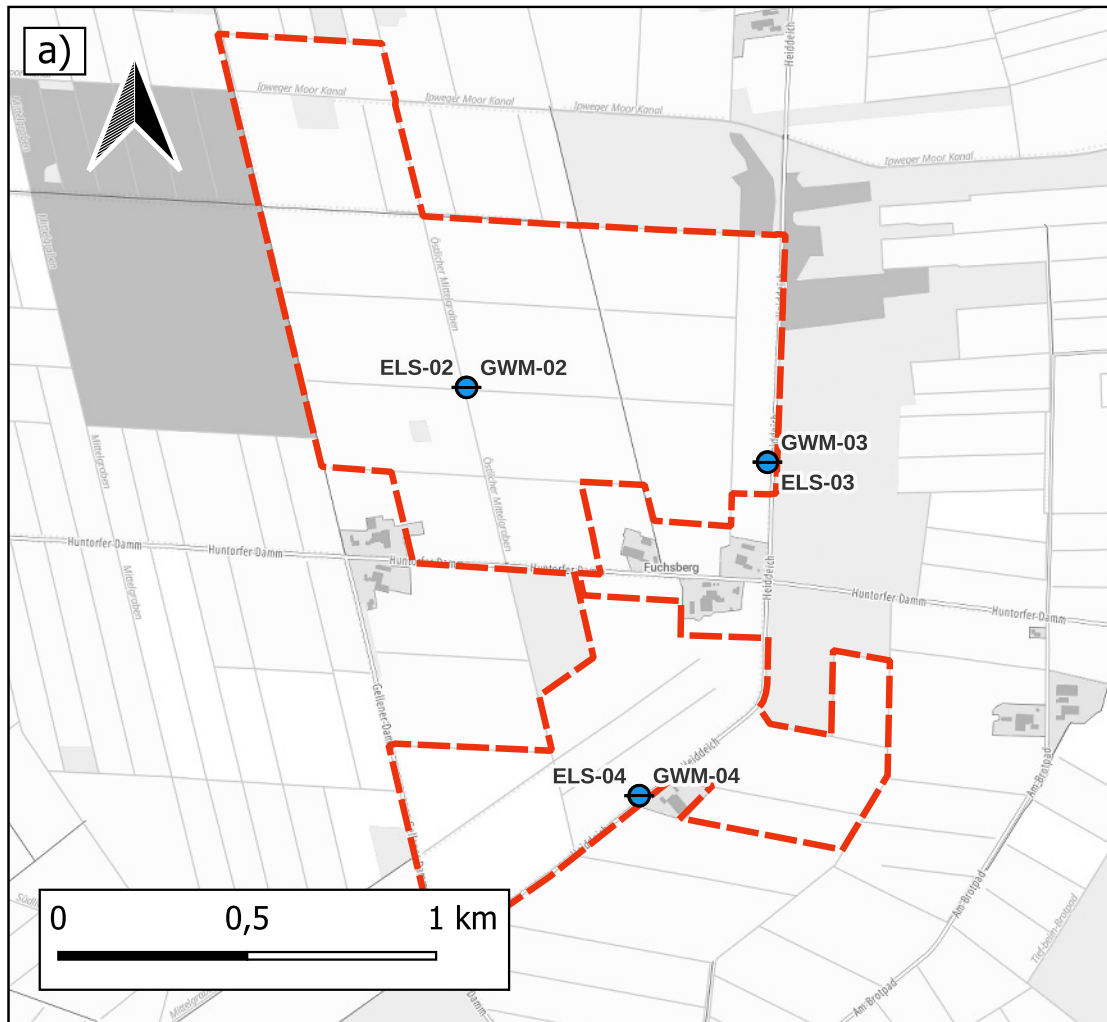
Projekt-Nr.: **3351-25**

A 01 **Übersichtskarte**

Kartengrundlage: © basemap.de / BKG, LGLN, LBEG
Koordinatensystem: ETRS89 / UTM zone 32N, EPSG:25832



Datum : 2025-12-15
Gezeichnet: ILP/CB
Bearbeitet: ILP/CB
Format: A3 Q



Legende

- Projektfläche
- Torfwassermessstelle
- Grundwassermessstelle

Auszugversuch und Gründungsart

- Cprofile+Axroot
- Helical pile+Ax Root
- Screw+Ax Root

a) M: 1 : 20.000

b), c), d) M: 1 : 50

Auftraggeber: **Uniper Renewables GmbH**

Vorhaben: **Solarpark Elsfleth West**

Projekt: **Auszugversuche**

Projekt-Nr.: **3351-25**

A 02 **Lageplan**

Kartengrundlage: © basemap.de / BKG, LGLN, LBEG
Koordinatensystem: ETRS89 / UTM zone 32N, EPSG:25832



**INGENIEURBÜRO
LINNEMANN**

Datum : 2025-12-15
Gezeichnet: ILP/CB
Bearbeitet: ILP/CB
Format: A3 Q

Anlage 03

Ganglinien

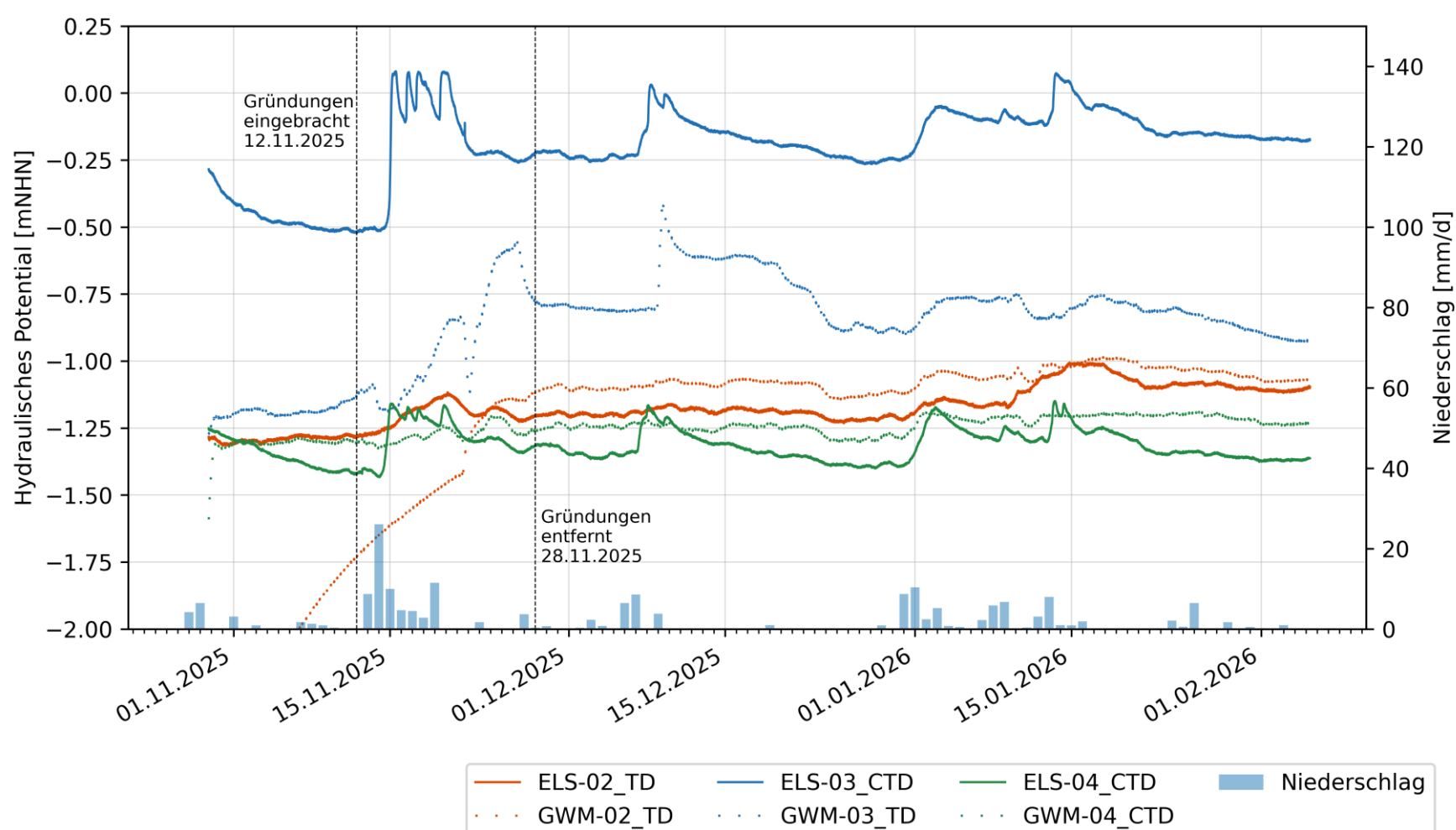


Abbildung 1: Ganglinien der aufgezeichneten hydraulischen Potentiale im Grund- und Torfwasserkörper innerhalb des Zeitraums vom 28.10.2025 bis 04.02.2026 und die gemessene tägliche Niederschlagsmenge an der DWD-Station Rastede. Zusätzlich sind die Zeitpunkte markiert, an denen die Gründungen eingebracht (12.11.2025) und entfernt worden sind (28.11.2025).

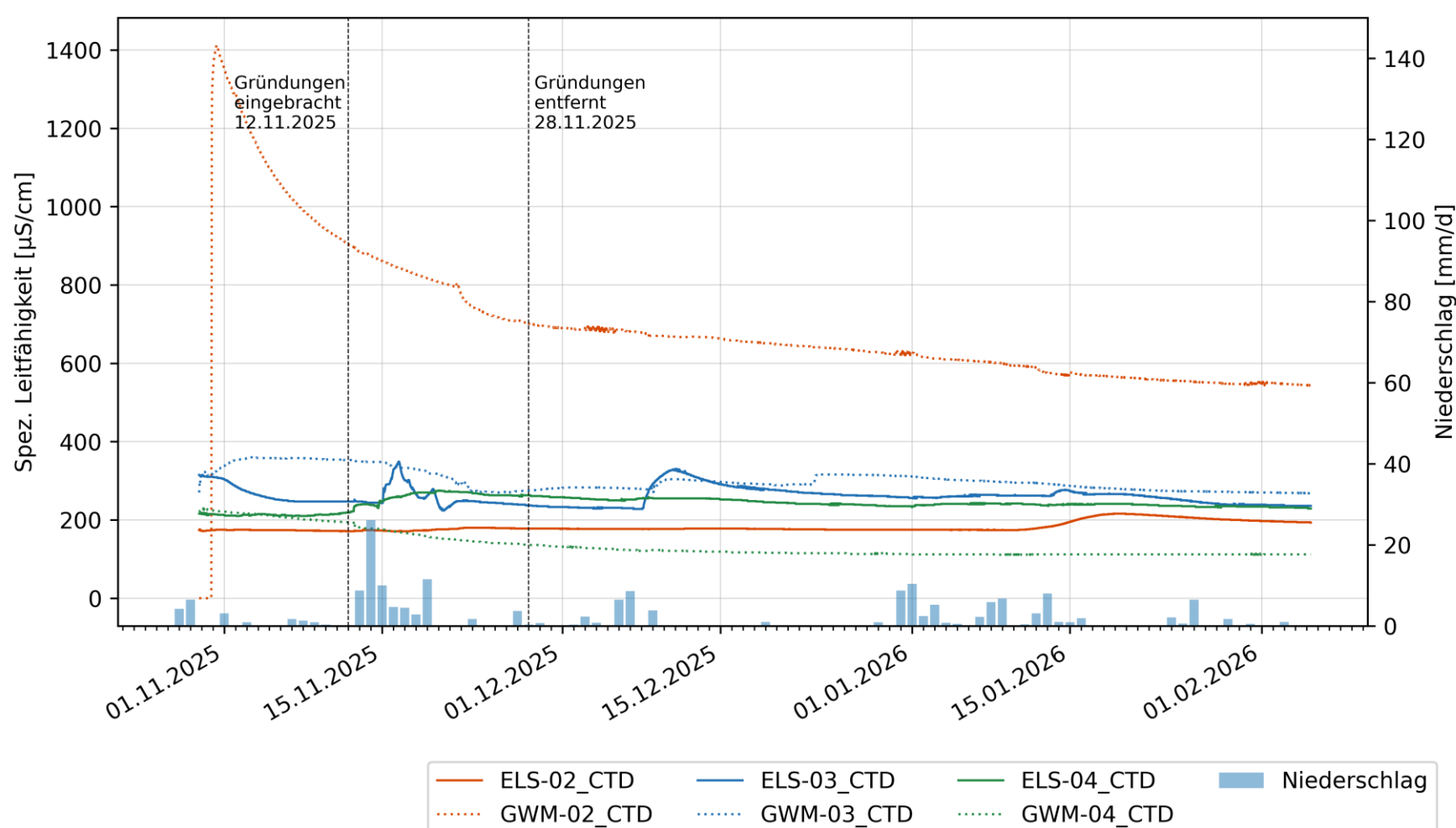
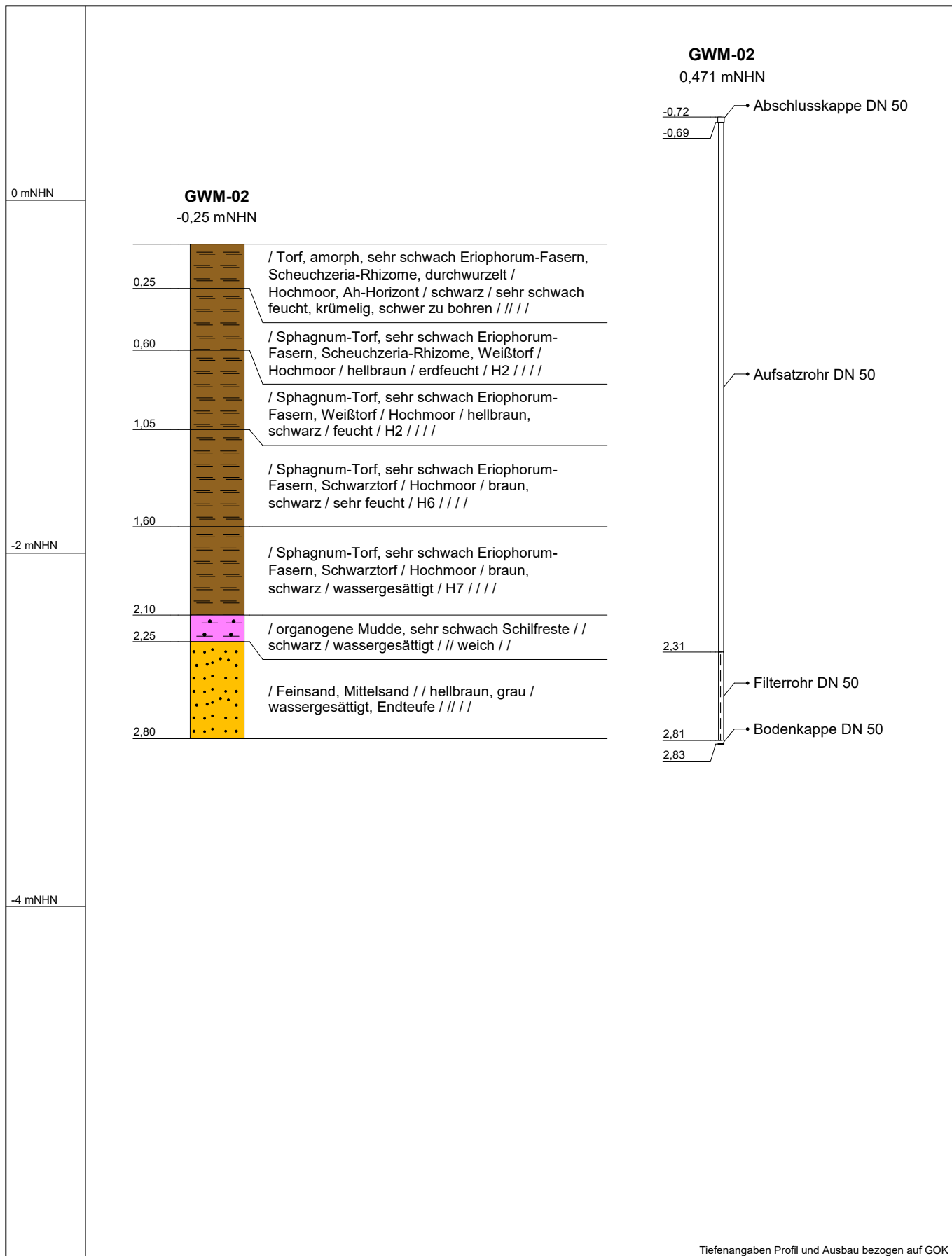


Abbildung 2: Ganglinien der aufgezeichneten spezifischen elektrischen Leitfähigkeiten in den Grund- und Torfwassermessstellen innerhalb des Zeitraums vom 28.10.2025 bis 04.02.2026 und die gemessene tägliche Niederschlagsmenge an der DWD-Station Rastede. Zusätzlich sind die Zeitpunkte markiert, an denen die Gründungen eingebracht (12.11.2025) und entfernt worden sind (28.11.2025).

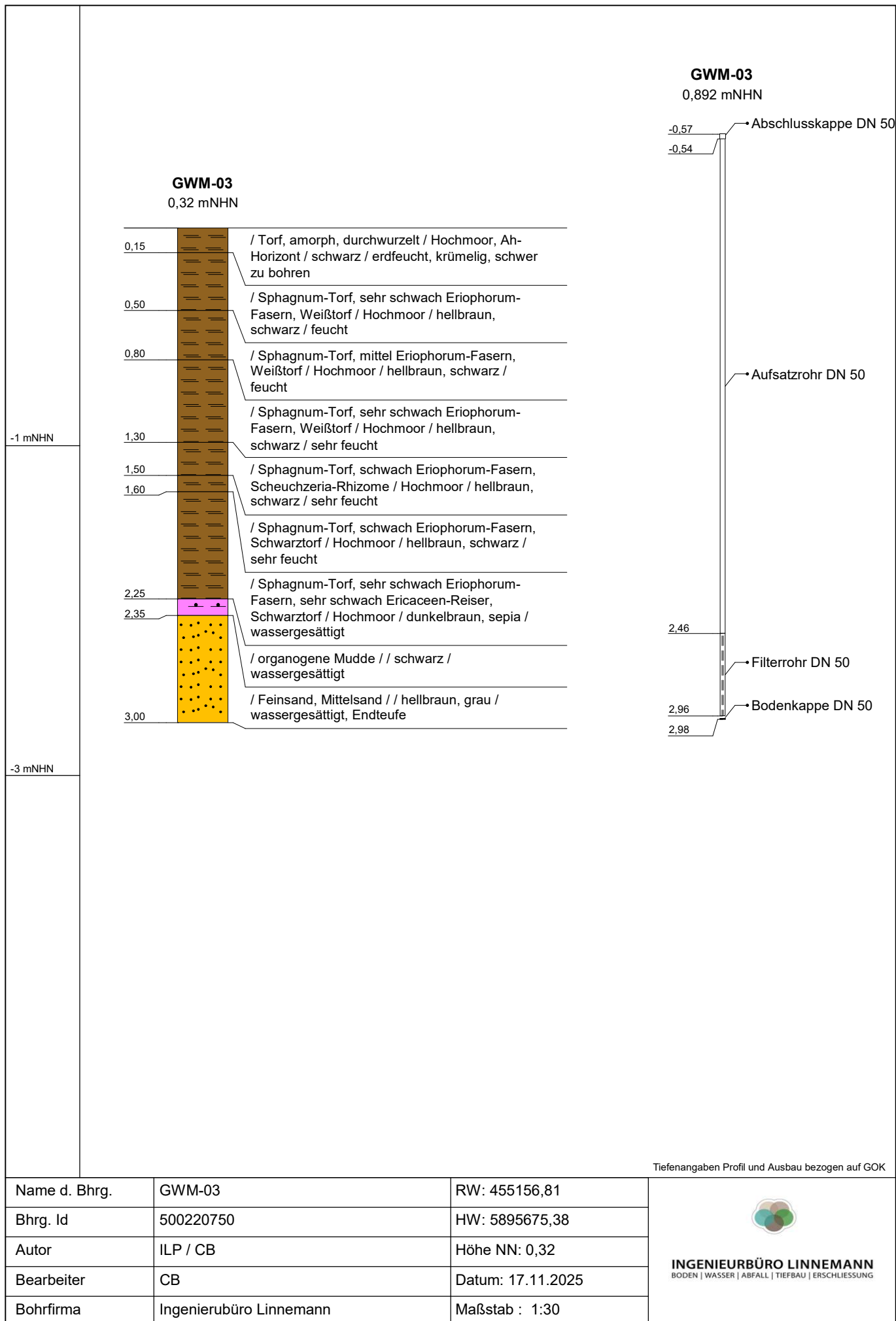
Anlage 04

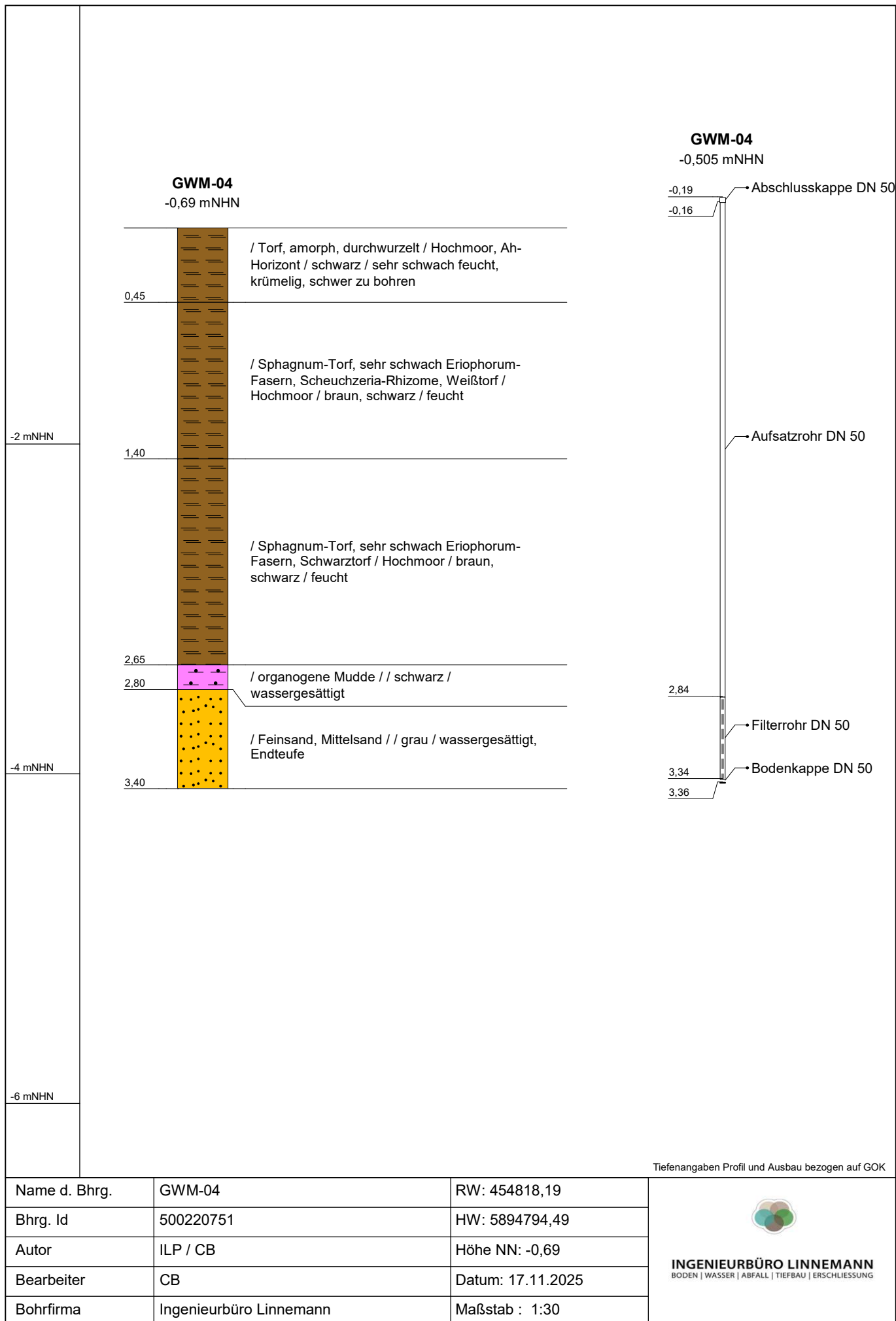
Schichtenverzeichnisse und Ausbauprofile

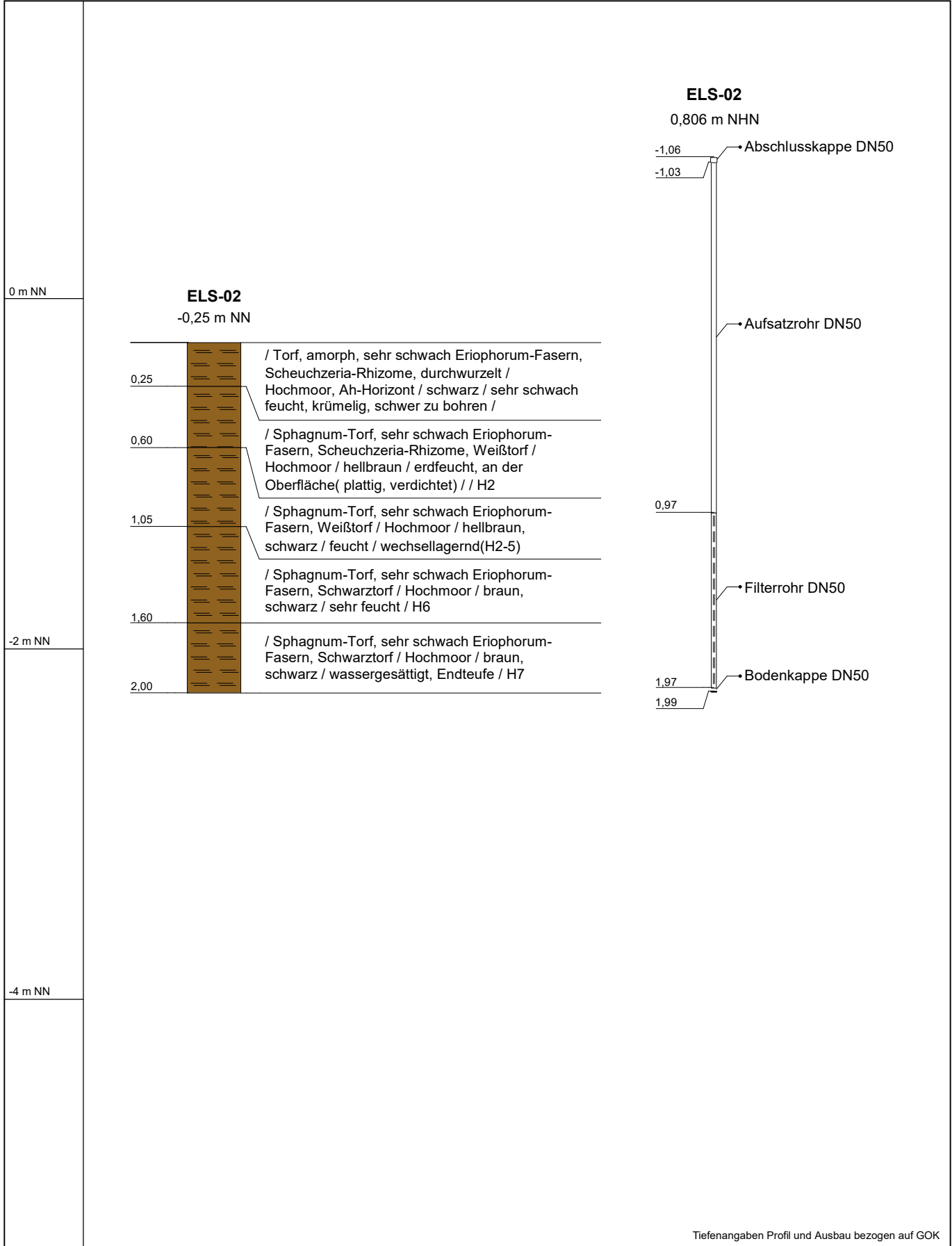


Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

Name d. Bhrg.	GWM-02	RW: 454361,51	 INGENIEURBÜRO LINNEMANN BODEN WASSER ABFALL TIEFBAU ERSCHLIESSUNG
Bhrg. Id	500220739	HW: 5895873,35	
Autor	ILP / CB	Höhe NN: -0,25	
Bearbeiter	CB	Datum: 14.11.2025	
Bohrfirma	Ingenieurbüro Linnemann	Maßstab : 1:30	







ELS-03

1,429 m NHN

-1,11
-1,08

→ Abschlusskappe DN50

→ Aufsatzrohr DN50

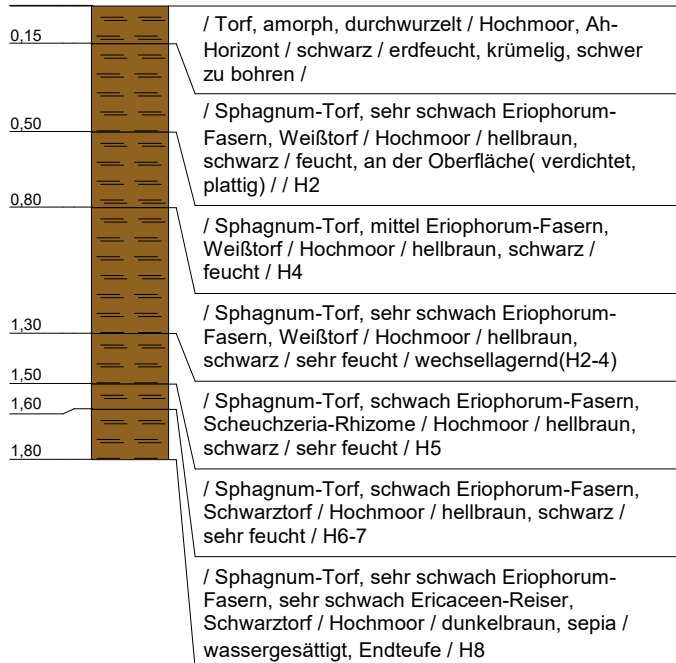
0,92

→ Filterrohr DN50

→ Bodenkappe DN50

1,92
1,94**ELS-03**

0,32 m NN



-1 m NN

-3 m NN

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

Name d. Bhrg.	ELS-03	RW: 5895676,76
Bhrg. Id	281602950	HW: 455156,78
Autor	ILP/ WA	Höhe NN: 0,318
Bearbeiter	WA	Datum: 18.06.2024
Bohrfirma	Ingenieurbüro Linnemann	Maßstab : 1:30

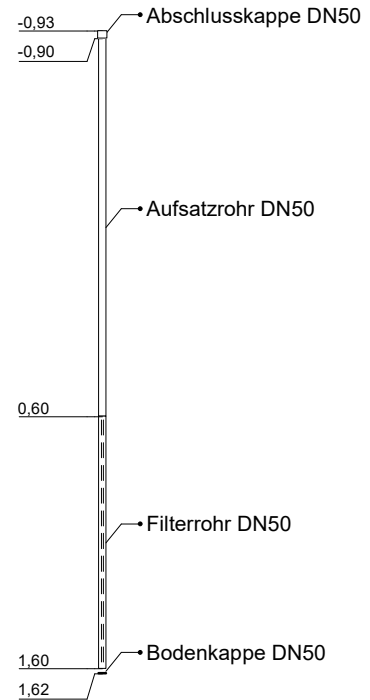


INGENIEURBÜRO LINNEMANN
BODEN | WASSER | ABFALL | TIEFBAU | ERSCHLIESSUNG

-0,69 m NN

0,45		/ Torf, amorph, durchwurzelt / Hochmoor, Ah-Horizont / schwarz / sehr schwach feucht, krümelig, schwer zu bohren /
1,40		/ Sphagnum-Torf, sehr schwach Eriophorum-Fasern, Scheuchzeria-Rhizome, Weißtorf / Hochmoor / braun, schwarz / feucht / wechsellagernd(H2-5)
1,80		/ Sphagnum-Torf, sehr schwach Eriophorum-Fasern, Schwarztorf / Hochmoor / braun, schwarz / feucht, Endteufe / H6-7

0,242 m NHN



-4 m NN

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

Name d. Bhrg.	ELS-04	RW: 5894793,80	 INGENIEURBÜRO LINNEMANN BODEN WASSER ABFALL TIEFBAU ERSCHLISSUNG
Bhrg. Id	281602951	HW: 454817,06	
Autor	ILP/ WA	Höhe NN: -0,688	
Bearbeiter	WA	Datum: 18.06.2024	
Bohrfirma	Ingenieurbüro Linnemann	Maßstab : 1:30	



INGENIEURBÜRO LINNEMANN
BODEN | WASSER | ABFALL | TIEFBAU | ERSCHLISSUNG

Anlage 05

(Beispiel-)Fotos der Unterkonstruktionsvarianten



Abbildung 1: Screw.



Abbildung 2: Helical pile.



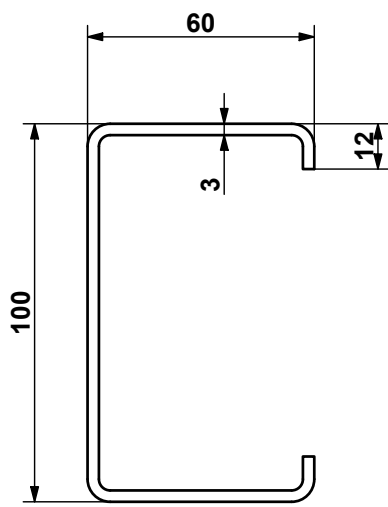
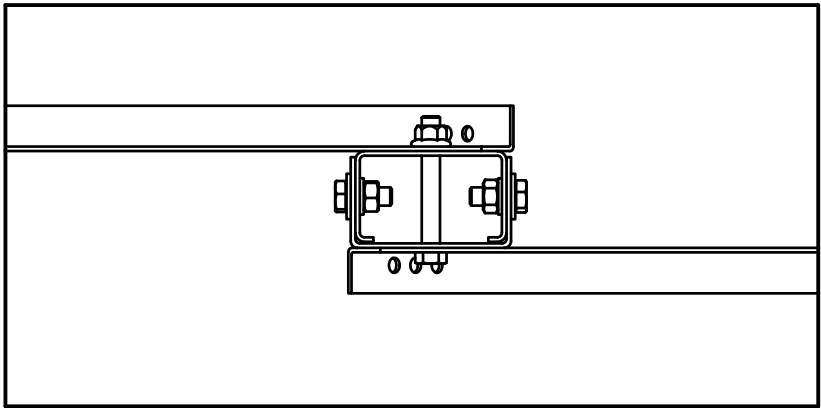
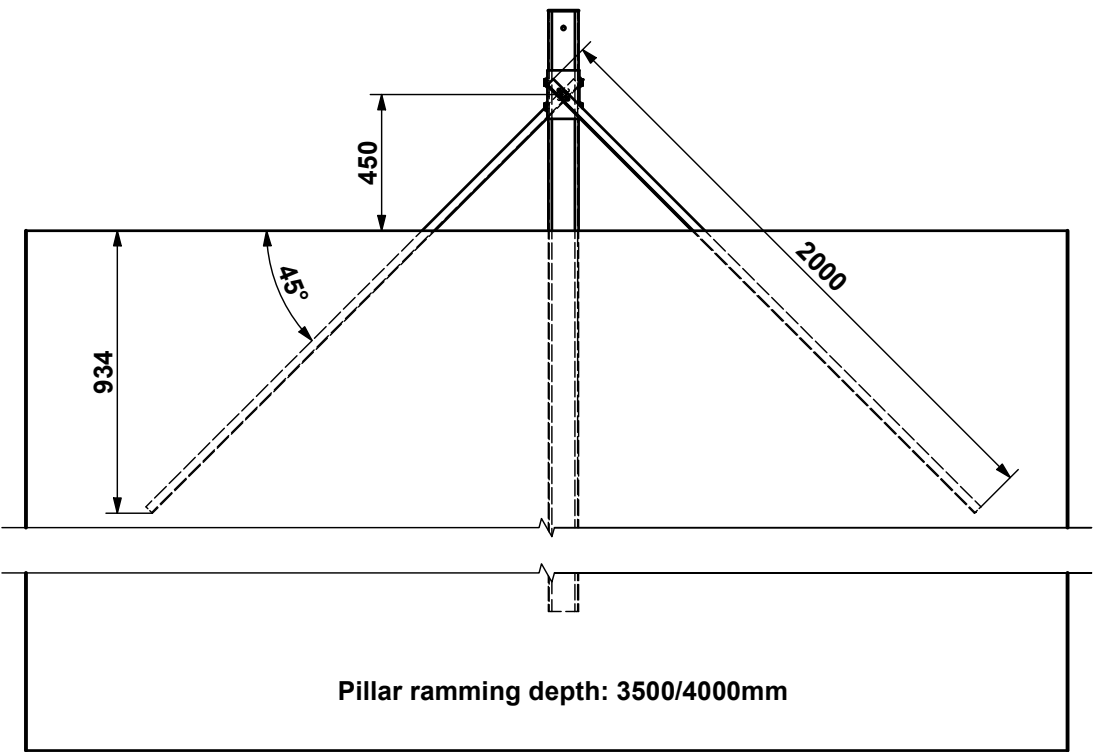
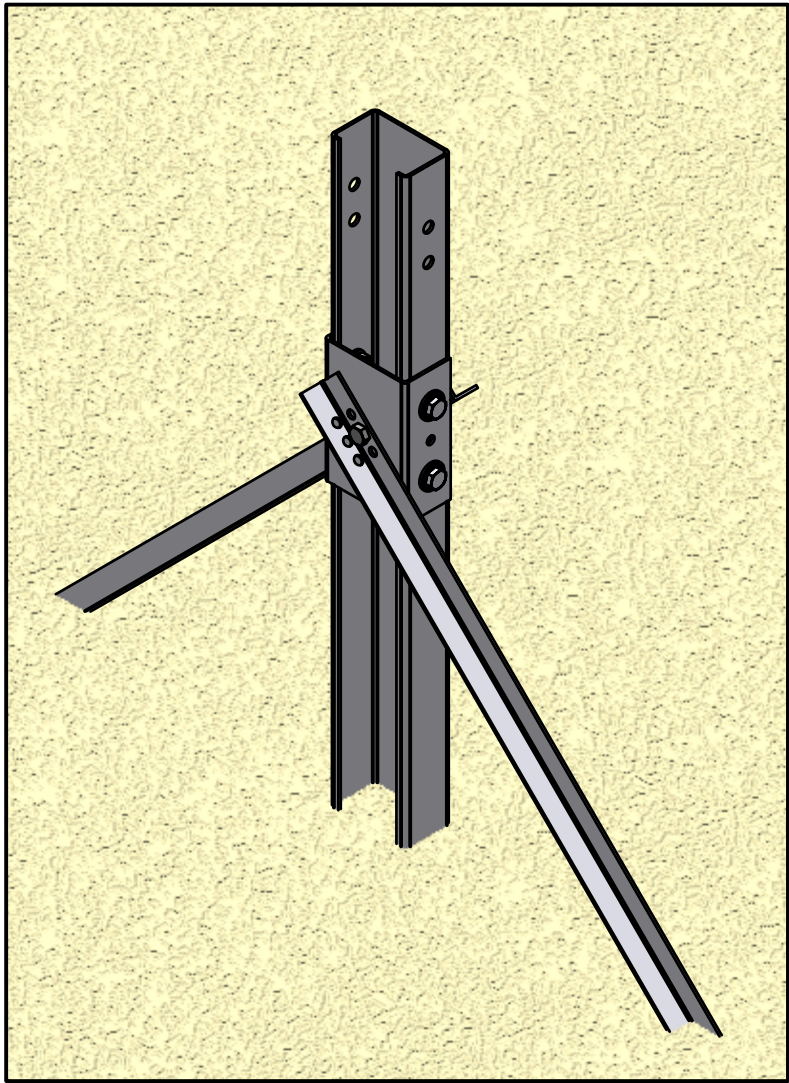
Abbildung 3: C-Profil.



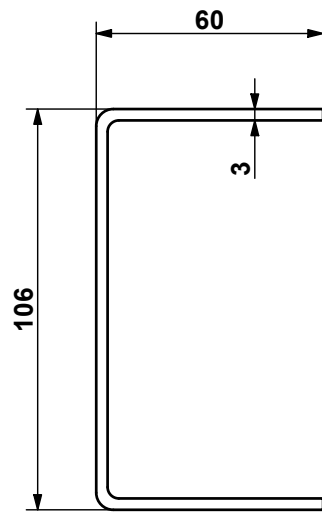
Abbildung 4: C-Profil.

Anlage 06

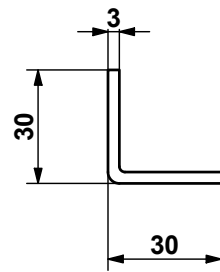
Technische Zeichnung C-Profil



Rammed pillar



AxRoot support



AxRoot

*PRELIMINARY

Rev.:	By:	Date:	Change:			
0	GDN	05/02/2026	First			
CUSTOMER: UNIPER			Drawn by: GDN	Date: 05/02/2026	 NOTE: DIMENSIONAL TOLERANCE ACCORDING TO UNE-EN 1090 STANDARD AND ISO 2768-m STANDARD F105-Rev3	
Project: DE-1862-008 // Elsfleth			Quality:			
System: AxRoot			Treatment:			
C PILE + Axroot.idw			Material:			
			Weight: N/D			

Auftraggeber: Uniper Renewables GmbH
Vorhaben: Solarpark Elsfleth west
Projekt: Auszugversuche
Projekt-Nr.: 3351-25
Tabelle A1: Stammdaten

Messstelle	GOK [mNHN]	POK [mNHN]	UTM Rechts	UTM Hoch
GWM-04	-0,69	-0,51	454818,19	5894794,49
GWM-03	0,32	0,89	455156,82	5895675,39
GWM-02	-0,25	0,47	454361,51	5895873,36
ELS-04	-0,69	0,26	454816,99	5894793,72
ELS-03	0,32	1,44	455156,76	5895676,71
ELS-02	-0,25	0,79	454360,34	5895873,80