



**Windpark Meschede-Einhaus
Neubau von 3 Windenergieanlagen
Nordex N149/5.7 auf NH 164 m**

Geotechnischer Bericht

**Baugrunduntersuchung, Baugrundbeurteilung
und Gründungsberatung**

Projekt-Nr.: 3734 Bericht-Nr.: 1

Erstellt im Auftrag von:

**ENOVA WINDPARK MESCHEDE BETRIEBS GMBH & CO. KG
Steinhausstraße 112
D-26831 Bunderhee**

Braunschweig, 2025-05-31

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1	VORGANG.....	3
2	UNTERLAGEN	3
3	BAUVORHABEN	4
4	UNTERSUCHUNGEN	6
5	BAUGRUND	8
5.1	Baugrundverhältnisse.....	8
5.2	Bodenbenennung und -klassifizierung.....	8
5.3	Bodenmechanische Bemessungswerte.....	9
5.4	Tragfähigkeit	9
6	GRUNDWASSER	10
7	GRÜNDUNG	11
7.1	Vorbemerkungen.....	11
7.2	Gründungsempfehlungen	11
7.3	Baugruben und Wasserhaltung	13
7.4	Aufnahme des Frischbetongewichtes	13
7.5	Wegebau.....	13
7.6	Überwachung der Erdarbeiten.....	14

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1: Lagepläne der Ansatzpunkte der Felduntersuchungen

Anlage 2: Profile der Bohrungen von den Anlagenstandorten und Kranstellflächen

Anlage 3: Diagramme der Rammsondierungen von den Anlagenstandorten und Kranstellflächen

1 VORGANG

Die ENOVA WINDPARK MESCHEDE BETRIEBS GMBH & CO. KG plant im Hochsauerlandkreis in Nordrhein-Westfalen südöstlich der Stadt Meschede den Bau von 3 Windenergieanlagen.

Das Ingenieurbüro BRP consult wurde beauftragt, an den geplanten Anlagenstandorten Baugrunduntersuchungen durchzuführen, den Baugrund zu beurteilen und im Hinblick auf die Gründung der Windenergieanlagen beratend tätig zu werden.

Der Geotechnische Bericht Nr. 1 zur Baugrunduntersuchung und -bewertung sowie Gründungsberatung wird hiermit übergeben.

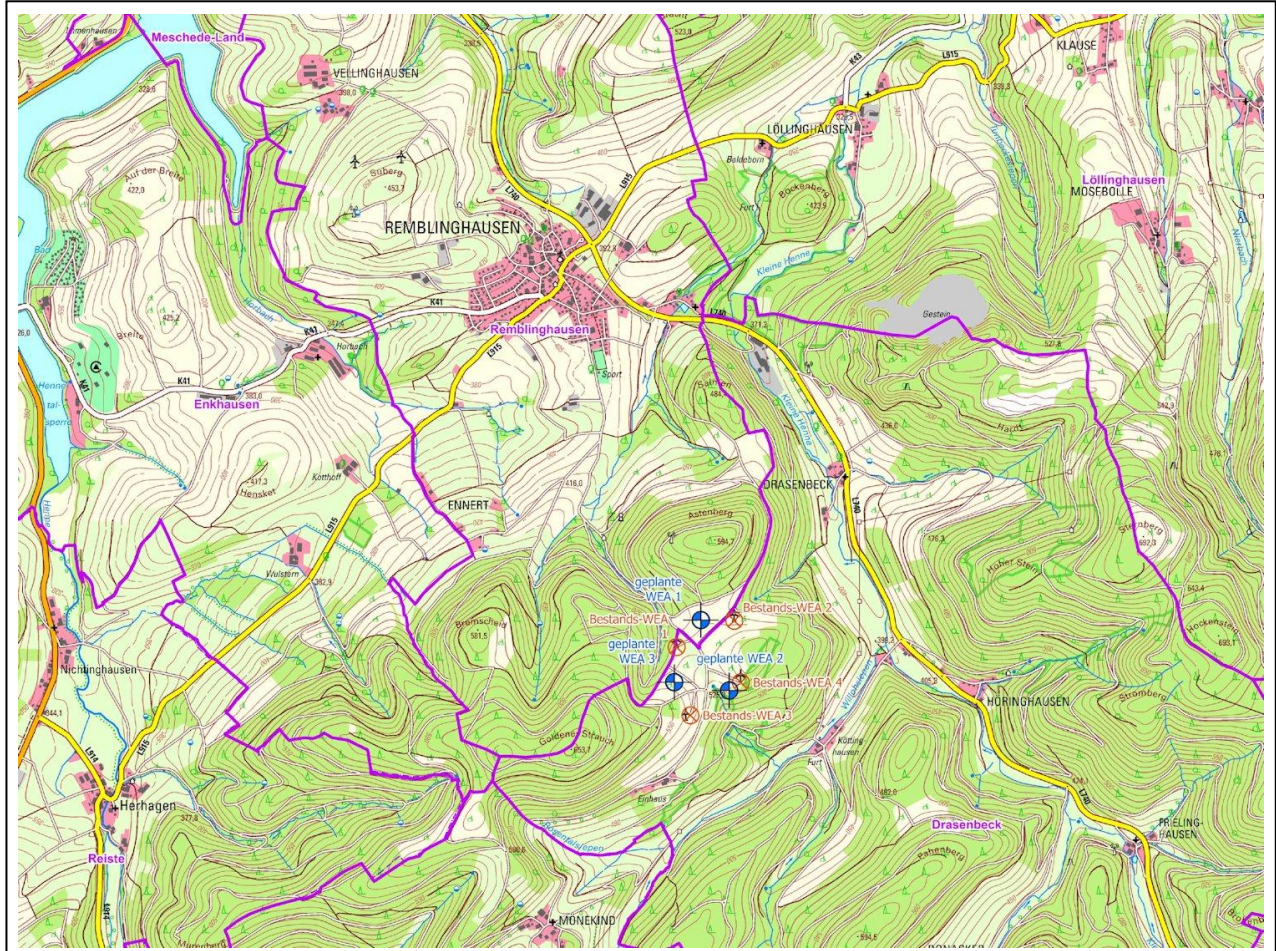
2 UNTERLAGEN

- [U1] ENOVA WINDPARK MESCHEDE BETRIEBS GMBH & CO. KG
Übergebene Pläne und Unterlagen zum Bauvorhaben
Januar-April 2025
- [U2] TÜV SÜD Industrie Service GmbH, München
„Prüfbescheid für eine Typenprüfung – Turm und Fundamente TCS164B-01 (N21),
Windenergieanlage Nordex N149/5.X und N163/5.X, Rotorblatt Typ NR74.5-3 und
NR81.5-1, Nabenhöhe 164 m, Windzone S, Erdbebenzone 3
Bescheid Nr. 3114113-166-d Rev. 6, Datum: 30.07.2024

3 BAUVORHABEN

Der geplante Bebauungsbereich der neuen Anlagenstandorte liegt in Nordrhein-Westfalen im Hochsauerlandkreis südöstlich der Stadt Meschede. Es sollen hierbei an 3 Standorten Windenergieanlagen aufgestellt werden (siehe folgende Abbildung).

Abbildung 3.1: Geplante Anlagenstandorte im Windpark Meschede-Einhaus



Entsprechend den übergebenen Unterlagen ist die Errichtung von 3 Windenergieanlagen mit folgenden Parametern geplant:

- Hersteller: Nordex
- Typ: Delta4000 N149
- Nabenhöhen: 164 m
- Turm: Hybridturm TCS164B-01 (N21)
- Nennleistung: 5.700 kW
- DiBt Windzone: WZ (S)
- Fundament: Ø = 24,0 m (rund)

4 UNTERSUCHUNGEN

Im Mai 2025 wurden im geplanten Bebauungsgebiet folgende Felduntersuchungen durchgeführt (siehe Lagepläne in **Anlage 1**):

- 3 WEA samt Kranstellflächen ... 9x Rammbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1:2007 zur Bodenansprache und Probengewinnung sowie Ermittlung des Grundwasserstandes,
- 3 WEA samt Kranstellflächen ... 9x Rammsondierungen nach DIN EN ISO 22476-2:2012-03 zur direkten Ermittlung der Tragfähigkeit der anstehenden Bodenschichten.

Die Darstellung der Bohrungen und Sondierungen erfolgt in den **Anlagen 2 - 3** dieses Berichtes.

Die Mittelpunkt der geplanten Anlagen wurden mittels Koordinaten festgelegt, vom Vermesser ausgepflockt und für die weiteren Untersuchungen per Mail übermittelt [U1]. Die Felduntersuchungen wurden demzufolge im Bereich der folgenden Koordinatenpunkte durchgeführt:

WEA 1: 32452283,0 / 5681802,0 WEA 2: 32452445,8 / 5681398,8 WEA 3: 32452131,0 / 5681446,0

Abbildung 4.1: Blick in Richtung des geplanten Anlagenstandortes WEA 1



Abbildung 4.2: Blick in Richtung des geplanten Anlagenstandortes WEA 2



Abbildung 4.3: Blick in Richtung des geplanten Anlagenstandortes WEA 3



5 BAUGRUND

5.1 Baugrundverhältnisse

Folgende Bodenarten und generelle Bodenschichtung wurden bei den Felduntersuchungen an den geplanten Anlagenstandorten und relevanten Tiefenbereichen angetroffen:

Unter einer ca. 0,1 bis 0,3 m mächtigen	Mutterbodenschicht
folgt bis zu Tiefen zw. 0,5 m bis 1,1 m u. GOK	Decklehm,
danach bis zu Tiefen zw. 1,4 m bis 2,6 m u. GOK	Verwitterungszone des Festgesteins.
Unterlagernd folgt bis zur Endteufe	Tonstein als Festgestein.

5.2 Bodenbenennung und -klassifizierung

Die angetroffenen Böden werden demnach wie folgt benannt und klassifiziert.

Tabelle 5.1: Bodengruppen, Bodenklassen und Frostepfindlichkeit

Bodenart	Bodenart nach DIN 4022	Bodengruppe nach DIN 18 196	Bodenklasse nach 18 300	Frostepfindlichkeit nach ZTVE StB 09
Mutterboden	Mu	OH	1	F 2
Hanglehm	U, fs'-fs*, t'-t	UL, UM	3 – 5	F 3
Festgestein, zu Beginn verw.	-	Z	6 – 7	-

Erläuterung der Bodengruppen nach DIN 18 196

(Erdbau, Bodenklassifizierung für bautechnische Zwecke)

OH	grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art
UL	leichtplastischer Schluff
UM	mittelpastischer Schluff
Z	Fels

Erläuterung der Bodenklassen nach DIN 18 300

(Erdarbeiten, Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen - VOB Teil C)

BK 1	Oberboden
BK 2	fließende Bodenarten
BK 3	leicht lösbare Bodenarten
BK 4	mittelschwer lösbare Bodenarten
BK 5	schwer lösbare Bodenarten
BK 6	Leicht lösbarer Fels
BK 7	Schwer lösbarer Fels

Klassifikation der Frostepfindlichkeit nach ZTVE Stb 09

(Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten und Straßenbau)

F 1	nicht frostepfindlich
F 2	gering bis mittel frostepfindlich
F 3	sehr frostepfindlich

5.3 Bodenmechanische Bemessungswerte

Für erdstatische und geotechnische Berechnungen werden die nachfolgenden bodenmechanischen Bemessungswerte sowie die davon abgeleiteten Kenngrößen der relevanten Bodenschichten angegeben.

Diese wurden auf der Grundlage der Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen sowie unter Berücksichtigung unserer Erfahrungen festgelegt.

Tabelle 5.2: Bodenmechanische Bemessungswerte

Benennung	Zeichen	Einheit	Handlehm	Festgestein (zu Beginn verwittert)
Konsistenz / Festigkeit	[-]	[1]	weich – steif	verwittert – hart
Wichte, erdfeucht	γ	[kN/m ³]	17 – 19	19 – 22
Wichte, u. Auftrieb	γ'	[kN/m ³]	8 – 10	11 – 13
Steifemodul, statisch	$E_{S,stat}$	[MN/m ²]	3 – 12	80 – ≥ 150
Reibungswinkel	cal ϕ'	[°]	22,5 – 27,5	32,5 – 40,0
Kohäsion	cal c'	[kN/m ²]	2 – 5	0 – 20

5.4 Tragfähigkeit

Nach den Ergebnissen der Felduntersuchungen können die im Gründungsbereich anstehenden Böden wie folgt beurteilt werden:

Der unter dem Mutterboden anstehende Decklehm ist wegen seiner Inhomogenität sowie geringen Tragfähigkeit nicht zur Abtragung der hohen Bauwerkslasten geeignet.

Die unterlagernde Verwitterungszone sowie das Festgestein sind gut bis sehr gut tragfähig und damit zur Abtragung der Bauwerkslasten geeignet.

Die Windenergieanlagen können daher flach gegründet werden.

6 GRUNDWASSER

Im Rahmen der Erkundungen im Mai 2025 konnte kein Grundwasser festgestellt werden.

Grundsätzlich muss bei den weiteren Planungen wegen der oberflächennahen Überdeckung durch die Böden mit bindigen Anteilen nach Starkregenereignissen mit Schichtenwasser gerechnet werden, was zu Erschwernissen bei den Gründungsarbeiten führen kann.

Das Niederschlagswasser wird aber in keinem Falle zu einem derartigen Aufstau führen, dass es zu einem Auftrieb des Fundamentkörpers kommt. Erfahrungsgemäß ergeben sich die höchsten Wasserstände in den Herbst- und Frühjahrsmonaten.

7 GRÜNDUNG

7.1 Vorbemerkungen

Die ENOVA WINDPARK MESCHEDI BETRIEBS GMBH & CO. KG plant die Gründung von 3 Windenergieanlagen im Hochsauerlandkreis südöstlich der Stadt Meschede.

Der Beginn des anstehenden gut tragfähigen verwitterten Festgesteins an den einzelnen Standorten wird in der folgenden Tabelle ausgewiesen.

Tabelle 7.1: Beginn des gut tragfähigen verwitterten Festgesteins

Standort	WEA 1	WEA 2	WEA 3
Tragfähig ab ...	0,8 – 1,2 m u. GOK	1,0 – 1,4 m u. GOK	1,4 – 1,8 m u. GOK

Somit können die Bauwerkslasten der geplanten Windenergieanlagen über eine Flachgründung in den Baugrund abgetragen werden. Dafür werden jedoch die in den folgenden Kapiteln beschriebenen Erdbau- und Wasserhaltungsmaßnahmen notwendig.

7.2 Gründungsempfehlungen

Vor Beginn der Gründungsarbeiten sind in den geplanten Bebauungsbereichen der Anlagenstandorte die Baugruben bis zum tragfähigen Baugrund gemäß Tabelle 7.1 auszukoffern.

Anschließend muss der verbleibende Raum zwischen der Oberkante der Aushubsohle und der Unterkante der geplanten Gründungssohlen lagenweise verdichtet wieder aufgebaut werden (Schichtdicke max. 30 cm). Die Mindestdicke der Tragschicht muss unterhalb der gesamten Fundamentplatte zur Schaffung eines homogenen, tragfähigen Gründungspolsters $D = 60$ cm betragen (u.a. Einhaltung des geforderten dynamischen Steifemoduls). Bei den Erdarbeiten ist ein Lastausbreitungswinkel von 45° ab Fundamentaußenkante zu berücksichtigen.

Grundsätzlich sollten die freigelegten Aushubsohlen umgehend versiegelt und somit vor Witterungseinflüssen geschützt werden. Weiche bzw. vernässte Bereiche innerhalb des Planums sind auszukoffern und gegen tragfähiges Material zu ersetzen.

Als Tragschichtmaterial ist Schotter als Brechkorngemisch (kein Rundkorn oder Betonrecycling, sondern weitgestuftes Kies-Sand-Gemisch mit Kornabstufung 0/45 mm sowie geringem Feinkornanteil GW, GI nach DIN 18196) zu verwenden. Auf dem Gründungsplanum (OK Tragschicht) ist die Tragfähigkeit mittels Plattendruckversuchen nach DIN 18134 und zusätzlich in die Tiefe mittels leichter Rammsondierung nach DIN EN ISO 22476-2:2012-03 zu überprüfen. Dabei ist ein statischer Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 120$ MN/m² nachzuweisen.

Die Abnahme der Aushub- bzw. Gründungssohlen durch einen Sachverständigen für Geotechnik ist im Zuge der Erdarbeiten erforderlich (Freigabe Erdarbeiten siehe letztes Kapitel).

Hinweise für die Planung der Gründungsarbeiten: Zur Minimierung bzw. Verhinderung von unterschiedlichen Setzungen innerhalb von Auffüllungsböden sind unterhalb von Fundamentkörpern horizontale Gründungsebenen im anstehenden Baugrund (auch im Festgestein) einzuplanen. Gleitfugen entlang von geneigten Ebenen unterhalb von Auffüllungen sind zu verhindern, z.B. mittels Abtreppungen im Planum.

Abgleich der Kennwerte mit den Fundamentlasten

Für Gründungsvarianten wurden die Drehfedersteifigkeiten überschlägig basierend auf den Gründungslasten ermittelt.

Die statischen Drehfedersteifigkeiten ergeben sich dabei mit $k_{\varphi, \text{stat.}} > 100.000 \text{ MNm/rad}$.

Die dynamische Drehfedersteifigkeit kann mit folgender Formel abgeschätzt werden: $k_{\varphi} = \frac{8 \cdot G \cdot r^3}{3 \cdot (1 - \nu)}$

Bereits bei der Verwendung eines nur geringen dynamischen Schubmoduls von $G_d = 60 \text{ MN/m}^2$ ergibt sich eine dynamische Drehfedersteifigkeit von $k_{\varphi, \text{dyn.}} > 300.000 \text{ MNm/rad}$.

Für die Flachgründung kommt für die geplanten Standorte der Prüfbescheid [U2] der Anlage „Nordex N149/5.7 - NH 164 m“ zur Anwendung.

Die im Rahmen der Untersuchungen festgestellten Baugrundeigenschaften (Ist-Werte) wurden in der folgenden Tabelle den Mindestwerten (Soll-Werte) gegenübergestellt.

Tabelle 7.2: Soll-/ Ist-Vergleich der Baugrundeigenschaften

Parameter	Zeichen	Untersuchungen	Prüfbescheid [U2]
Lagerungsdichte	D	mitteldicht bis dicht	mitteldicht
Wichte, erdfeucht / unter Auftrieb	γ / γ'	$\geq 19 / 9 \text{ kN/m}^3$	$19 / 9 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel	φ'	$\geq 32,5^\circ$	30°
Bodenpressung, maximal (BS-A)	$\sigma_{R,k}$	360 kN/m^2	$\leq 357,4 \text{ kN/m}^2$
Statische Drehfedersteifigkeit	$k_{\varphi, \text{stat}}$	$\geq 1 \times 10^{11} \text{ Nm/rad}$	$6,0 \times 10^{10} \text{ Nm/rad}$
Dynamische Drehfedersteifigkeit	$k_{\varphi, \text{dyn}}$	$\geq 3 \times 10^{11} \text{ Nm/rad}$	$3,0 \times 10^{11} \text{ Nm/rad}$

Abschließend wird festgestellt, dass die im Prüfbescheid [2] zugrunde gelegten Kennwerte vom anstehenden Baugrund sowie von der Auffüllung bei Gewährleistung der beschriebenen Erdbaukriterien und Qualitätsparameter eingehalten werden. Somit kann hinsichtlich dieser Kriterien der Ausführung gemäß des Prüfbescheids [2] zugestimmt werden.

Die Abnahme der Aushub- bzw. Gründungssohlen durch einen Sachverständigen für Geotechnik ist entsprechend der Typenprüfung im Zuge der Erdarbeiten erforderlich.

7.3 Baugruben und Wasserhaltung

Die Baugruben zur Herstellung der Fundamente sind abgeböscht mit einer Neigung von max. 60° gem. DIN 4124 herzustellen. Es ist in der Baugrube ein ausreichend dimensionierter Arbeitsraum vorzusehen. Generell ist für ggf. erforderliche tiefere Baugruben, steilere Böschungen und Unterschreitung des Regelabstandes für Verkehrslasten nach DIN 4124 die Standsicherheit der Böschung gem. DIN 4084 nachzuweisen.

Um unnötige Auflockerungen der Baugrubensohlen zu vermeiden, sind die Baggerarbeiten nur vor Kopf mit einer glattkantigen Baggerschaufel durchzuführen. Der im Aushubplanum anstehende Boden besitzt bindige Anteile und reagiert deshalb empfindlich auf Wassergehaltsänderungen, nasse Partien verlieren ihre Belastungsfähigkeit.

Durch einen entsprechenden Baubetrieb sollten Durchnässungen so weit wie möglich vermieden werden. Grundsätzlich sollte die freigelegte Aushubsohle umgehend versiegelt und somit vor Witterungseinflüssen geschützt werden. Weiche Bereiche sind auszukoffern und gegen tragfähiges Material zu ersetzen.

Mit einem Grundwasserandrang in die Baugrube muss nicht gerechnet werden. Eventuell zulaufenden Schichten- und Oberflächenwasser ist mit einer offenen Wasserhaltung zu fassen und abzuleiten.

Durch einen entsprechenden Baubetrieb sollten Durchnässungen so weit wie möglich vermieden werden. Bei längerer Standdauer wird empfohlen, die Böschungen und Baugrubensohle gegen Witterungseinflüsse zu schützen.

Bei der Ausschreibung der Erdbauleistungen sollte beachtet werden, dass die Tragfähigkeit beim Freilegen des Aushubplanums maßgebend ist. Eventuelle nachteilige Veränderungen durch den Baubetrieb gehen zu Lasten der Erdbaufirma.

7.4 Aufnahme des Frischbetongewichtes

Unterlagen zum Frischbetongewicht beim Betoniervorgang der Fundamente lagen zum Zeitpunkt der Berichtsbearbeitung nicht vor.

Bei Einhaltung der im vorangegangenen Kapitel zur Gewährleistung der ausreichenden Tragfähigkeit der Baugrubensohle beschriebenen Maßnahmen ist die Aufnahme eines Frischbetoneingengewichtes $q = 150 \text{ kN/m}^2$ durch den Baugrund gewährleistet.

7.5 Wegebau

Im Bereich von eventuellen Baustraßen wurden keine Baugrundaufschlüsse ausgeführt. Für die Empfehlungen zum Wegebau werden deshalb die Untersuchungsergebnisse von den Standorten der geplanten Windenergieanlagen herangezogen.

Für den Wegebau wird empfohlen, den Mutterboden sowie eventuell aufgeweichten Boden abzuschleppen und anschließend eine 50 bis 60 cm mächtige Tragschicht aus Recycling-Material oder Schotter (Körnung 0/45) einzubauen. Der Einbau eines Kombigitters wird empfohlen.

7.6 Überwachung der Erdarbeiten

Im Rahmen der Erdarbeiten hat sich der verantwortliche Bauleiter davon zu überzeugen, dass die beim Aushub angetroffenen Baugrundverhältnisse den Erkundungsergebnissen entsprechen. Gegebenenfalls ist Rücksprache mit dem Verfasser zu halten.

Eine Abnahme der Gründungssohle durch einen Sachverständigen für Geotechnik ist entsprechend der Typenstatik im Zuge der Erdarbeiten erforderlich.

Es wird empfohlen, Qualitätskontrollen während und nach Abschluss der Gründungsarbeiten durch eine unabhängige Fremdprüfung durchführen zu lassen (Nachweis der Tragfähigkeit, Abnahme der Fundamentsohle mittels Erdbaukontrollprüfungen).

Mit freundlichen Grüßen

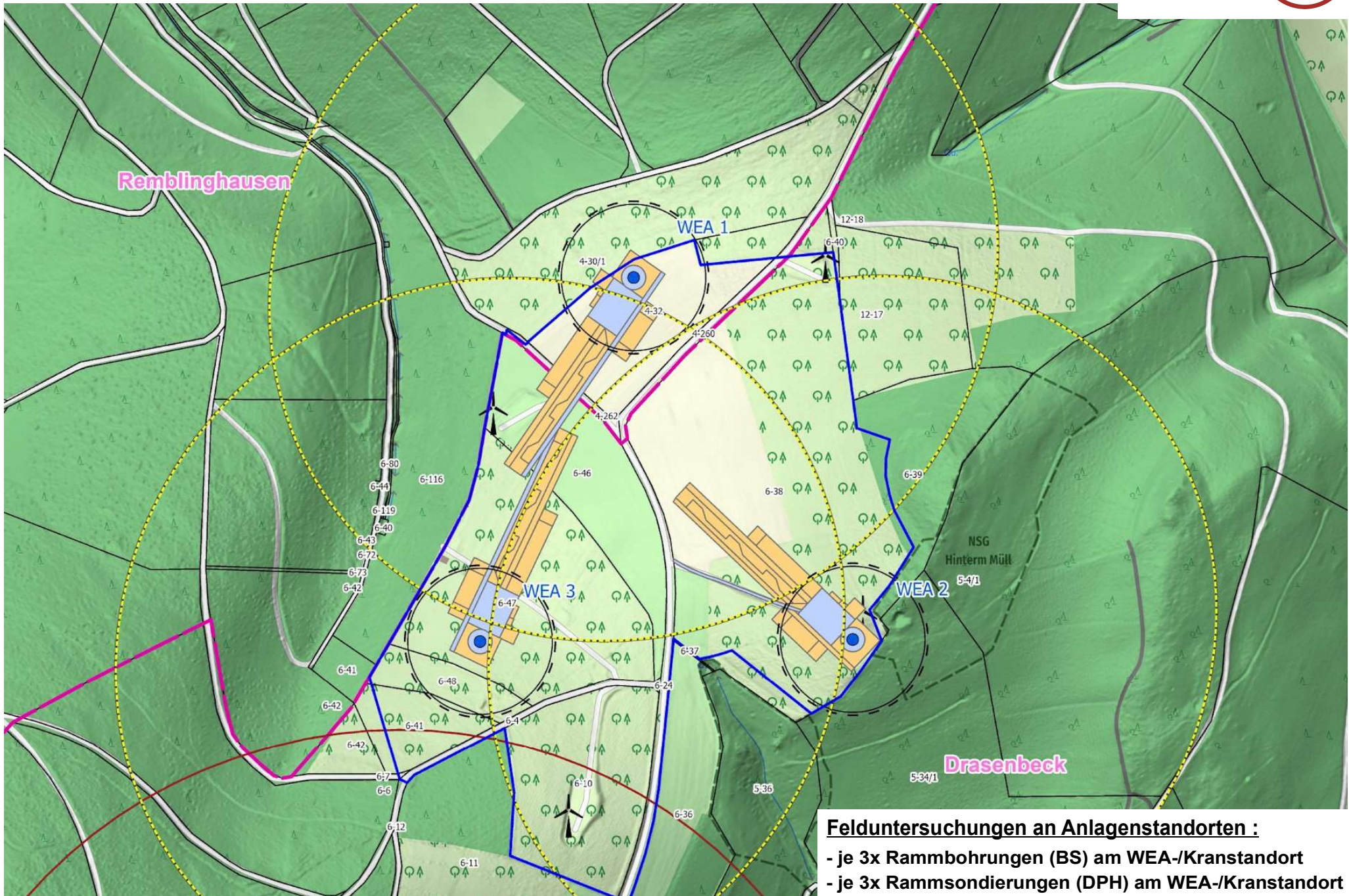
BRP consult



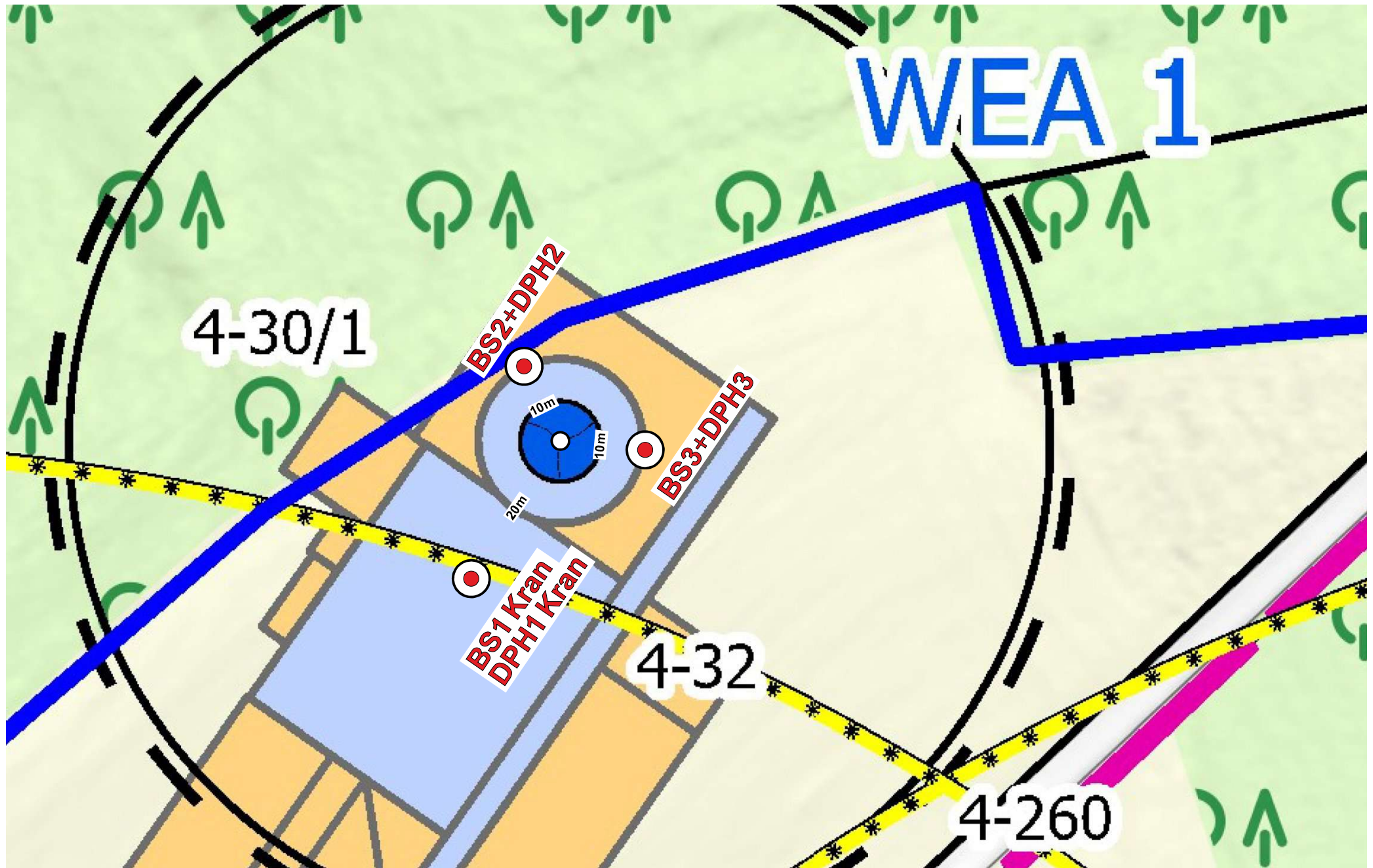
Dipl.-Ing. S. Dahlmann

**ANLAGE 1 LAGEPLAN DER ANSATZPUNKTE
DER FELDUNTERSUCHUNGEN**

Anlage 1.1: Lage der Anlagenstandorte im Windpark Meschede-Einhaus



Anlage 1.2: Lageskizze der Felduntersuchungen am Beispiel der WEA1

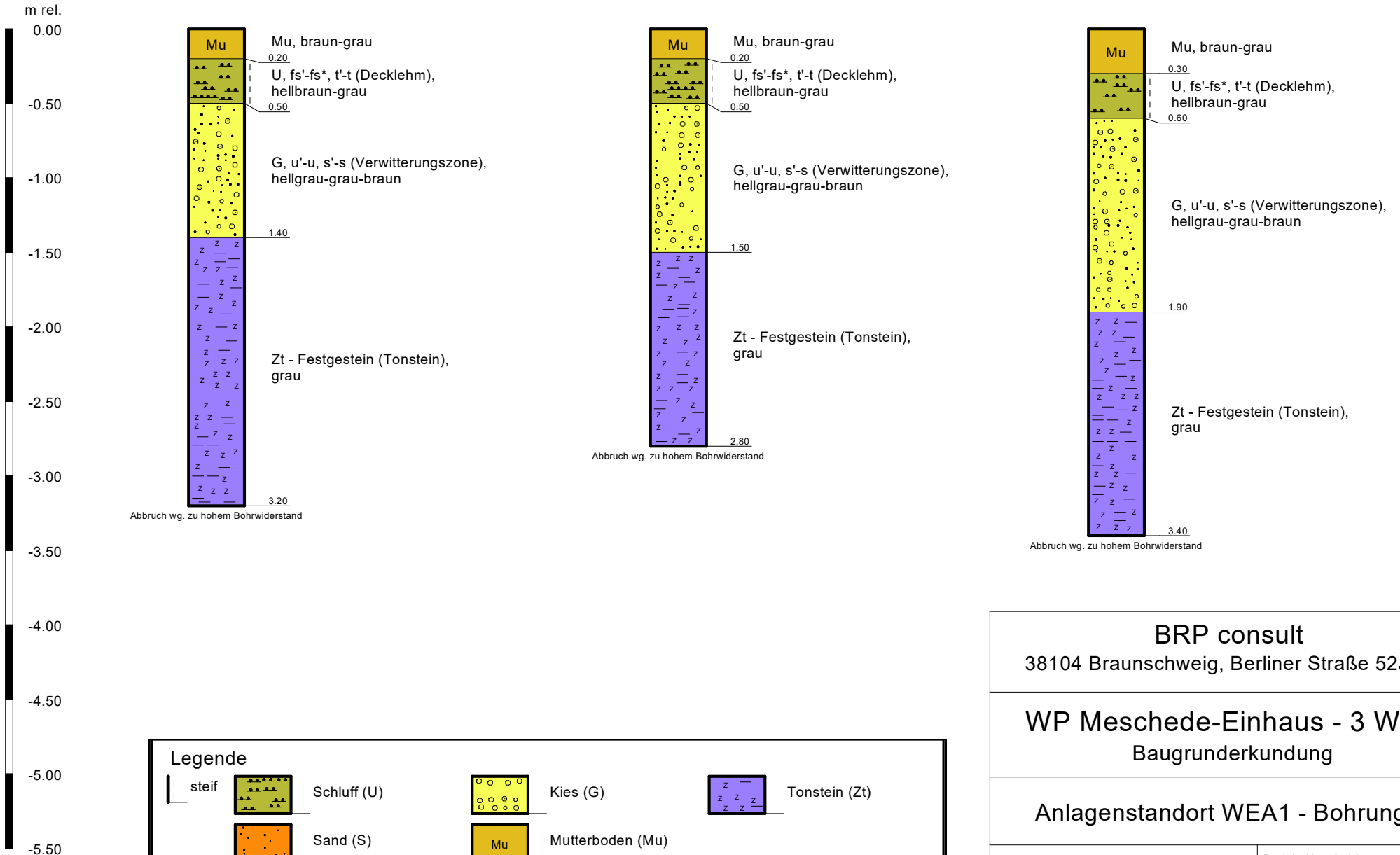


**ANLAGE 2 PROFILE DER BOHRUNGEN
VON DEN ANLAGENSTANDORTEN UND
KRANSTELLFLÄCHEN**

WEA1 - Kran - BS1

WEA1 - Fundament - BS2

WEA1 - Fundament - BS3



BRP consult
38104 Braunschweig, Berliner Straße 52J

WP Meschede-Einhaus - 3 WEA
Baugrunderkundung

Anlagenstandort WEA1 - Bohrungen

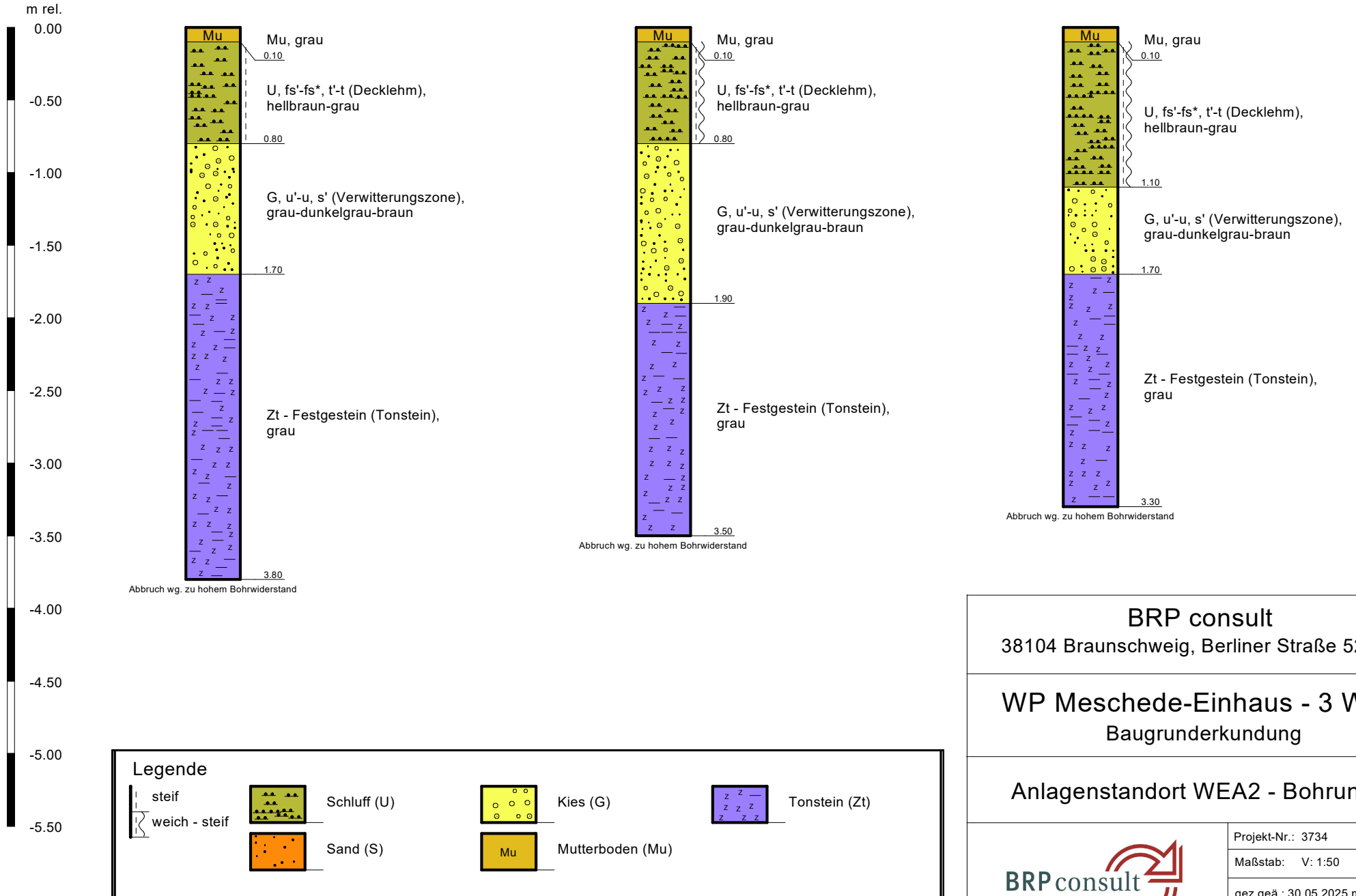


Projekt-Nr.: 3734
Maßstab: V: 1:50
gez.geä.: 30.05.2025 mh
gepr./freig.: SD
Anlage 2.1

WEA2 - Kran - BS1

WEA2 - Fundament - BS2

WEA2 - Fundament - BS3



BRP consult
38104 Braunschweig, Berliner Straße 52J

WP Meschede-Einhaus - 3 WEA
Baugrunderkundung

Anlagenstandort WEA2 - Bohrungen



Projekt-Nr.: 3734

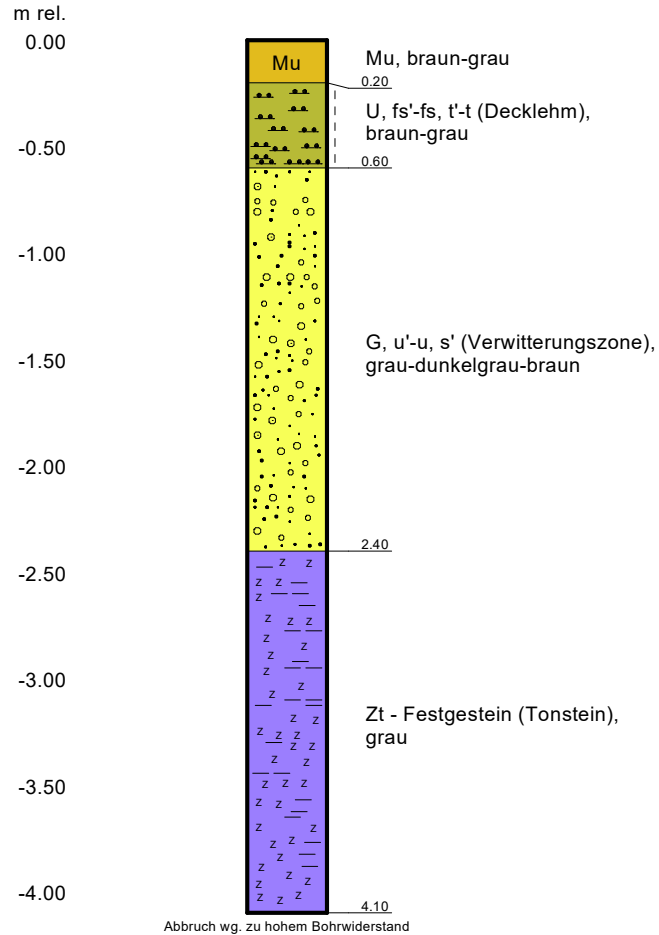
Maßstab: V: 1:50

gez.geä.: 30.05.2025 mh

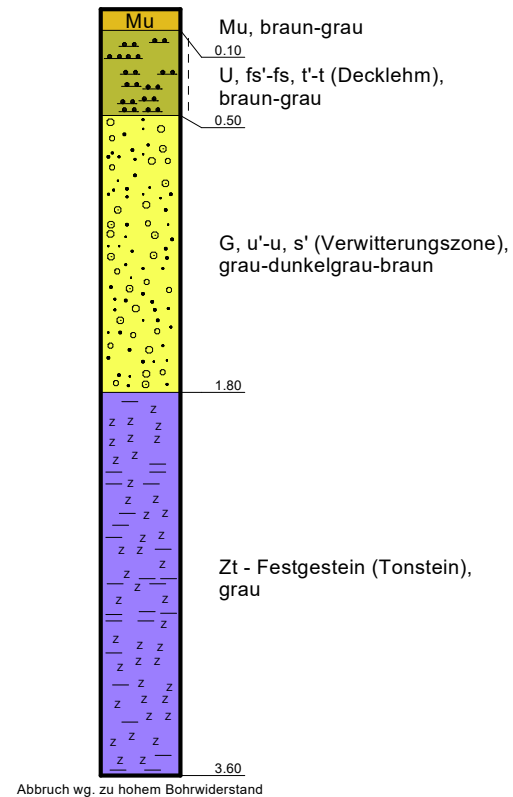
gepr./freig.: SD

Anlage 2.2

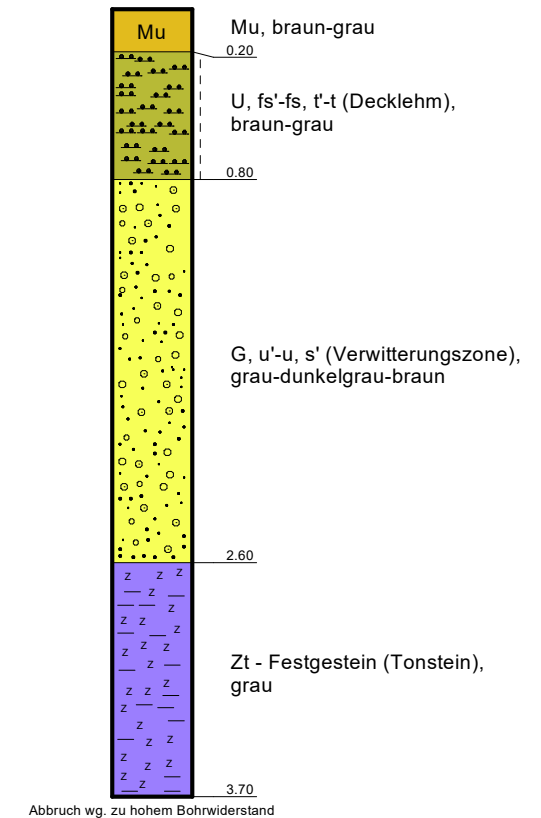
WEA3 - Kran - BS1



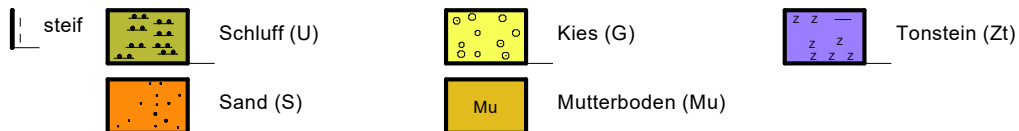
WEA3 - Fundament - BS2



WEA3 - Fundament - BS3



Legende



BRP consult

38104 Braunschweig, Berliner Straße 52J

WP Meschede-Einhaus - 3 WEA
Baugrunderkundung

Anlagenstandort WEA3 - Bohrungen



Projekt-Nr.: 3734

Maßstab: V: 1:50

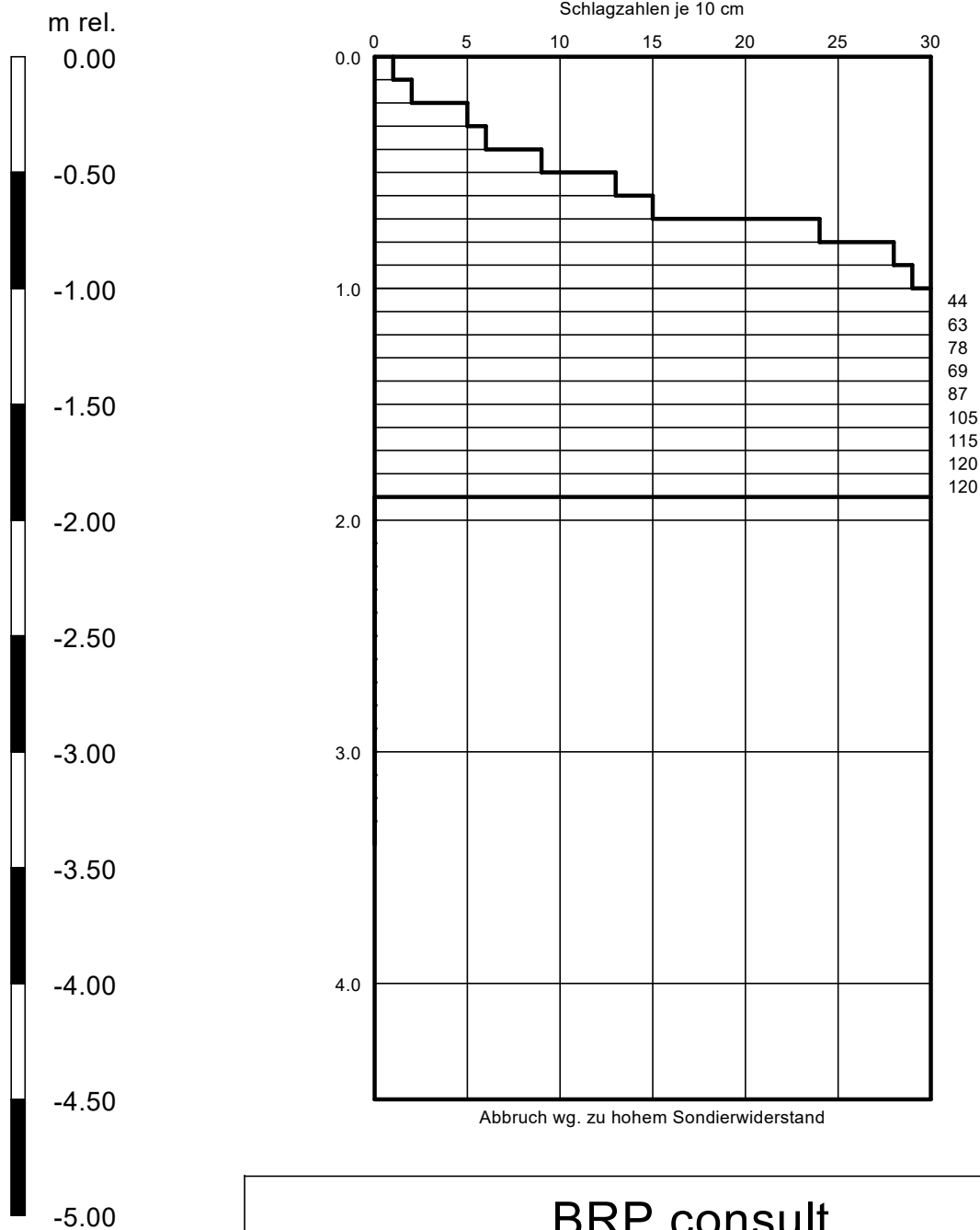
gez.geä.: 30.05.2025 mh

gepr./freig.: SD

Anlage 2.3

**ANLAGE 3 DIAGRAMME DER RAMMSONDIERUNGEN
VON DEN ANLAGENSTANDORTEN UND
KRANSTELLFLÄCHEN**

WEA1 - DPH1-3 - Mittelwerte



BRP consult

38104 Braunschweig, Berliner Straße 52J

WP Meschede-Einhaus - Neubau von 3 WEA
Baugrunderkundung

WEA1 - Rammsondierungen DPH1-3



Projekt-Nr.: 3734

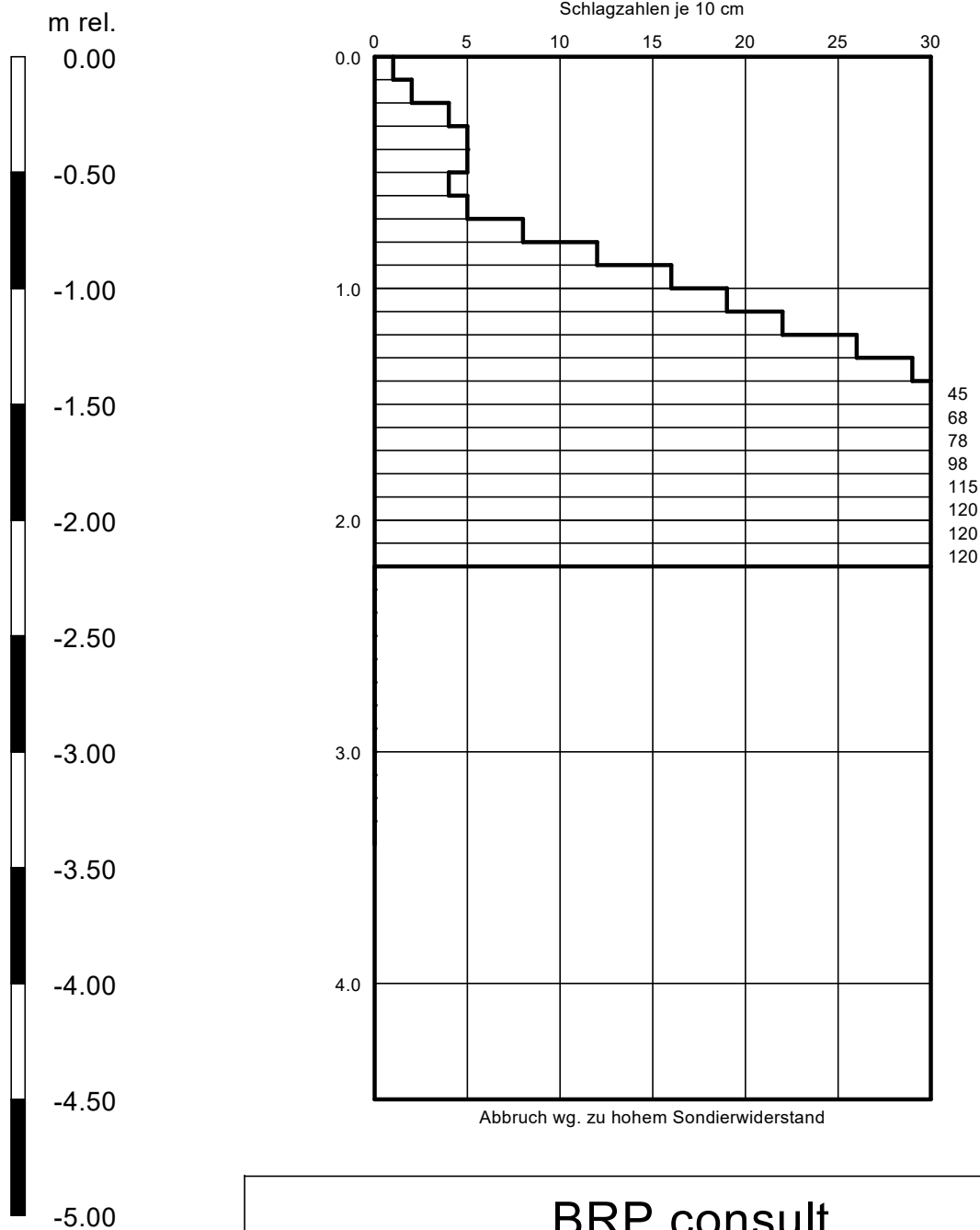
Maßstab: V: 1:50

gez.geä.: 30.05.2025 mh

gepr./freig.: SD

Anlage 3.1

WEA2 - DPH1-3 - Mittelwerte



BRP consult

38104 Braunschweig, Berliner Straße 52J

WP Meschede-Einhaus - Neubau von 3 WEA
Baugrunderkundung

WEA2 - Rammsondierungen DPH1-3



Projekt-Nr.: 3734

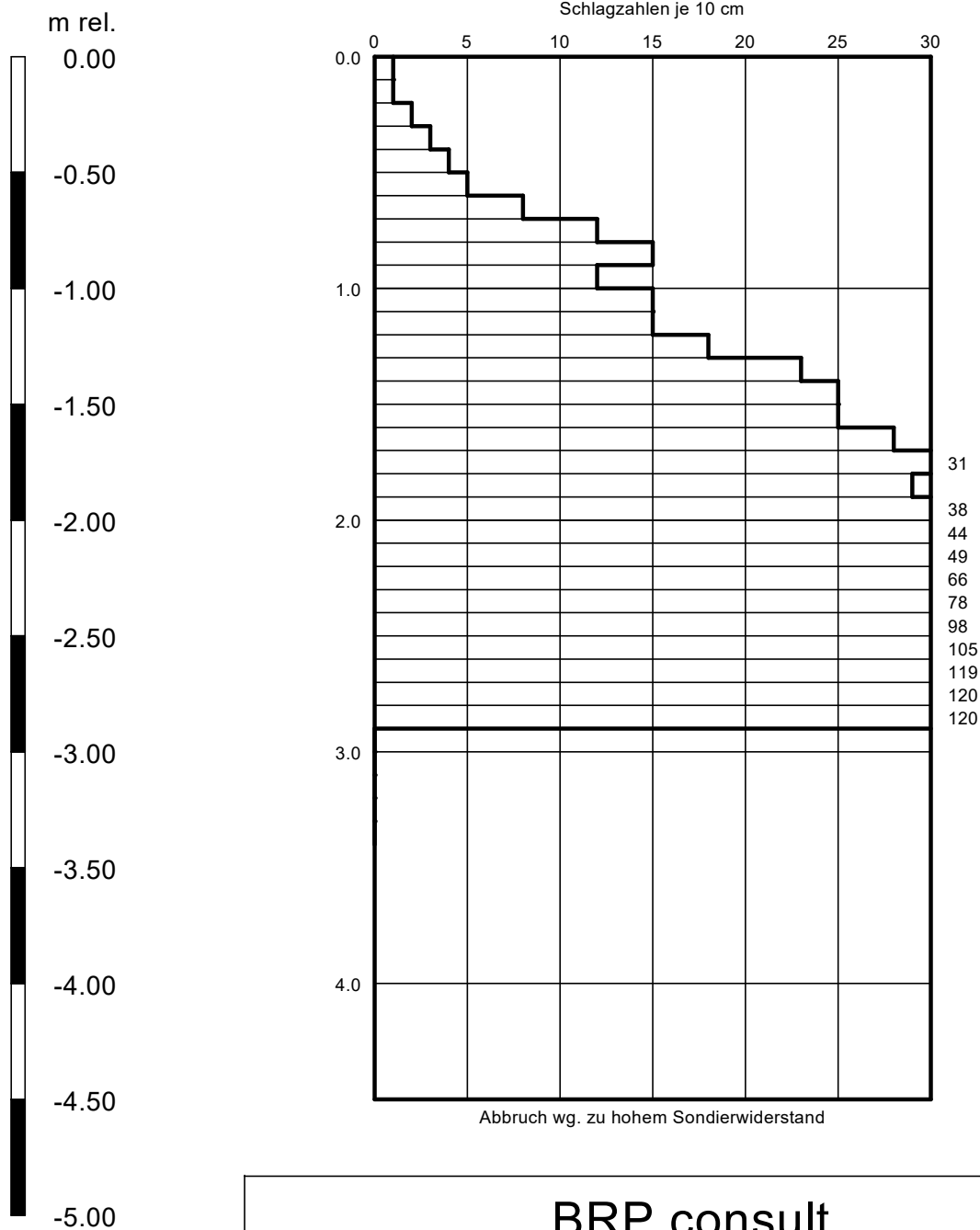
Maßstab: V: 1:50

gez.geä.: 30.05.2025 mh

gepr./freig.: SD

Anlage 3.2

WEA3 - DPH1-3 - Mittelwerte



BRP consult

38104 Braunschweig, Berliner Straße 52J

WP Meschede-Einhaus - Neubau von 3 WEA
Baugrunderkundung

WEA3 - Rammsondierungen DPH1-3



Projekt-Nr.: 3734

Maßstab: V: 1:50

gez.geä.: 30.05.2025 mh

gepr./freig.: SD

Anlage 3.3