

4 BAUVORLAGEN

- 4.1 Bauantragsformular
- 4.2 Bau- und Betriebsbeschreibung
 - 4.2.1 Baubeschreibung
 - 4.2.2 Betriebsbeschreibung
- 4.3 Amtliche Lagepläne
- 4.4 Bauzeichnungen
 - 4.4.1 Übersichtszeichnung N163-6.X TS118
 - 4.4.2 Übersichtszeichnung N163-6.X TCS164
- 4.5 Abstandsflächen, Baulasten, Nutzungsverträge
- 4.6 Typenprüfungen
 - 4.6.1 Prüfbescheid Turm und Fundamente TS118
 - 4.6.2 Prüfbescheid Turm und Fundamente TCS164
- 4.7 Baugrundgutachten
 - 4.7.1 Ingenieurgeologisches Gutachten
 - 4.7.2 Geophysikalische Stellungnahme
- 4.8 Gutachten zur Standorteignung
- 4.9 Brandschutz
 - 4.9.1 Grundlagen zum Brandschutz
 - 4.9.2 Brandmeldesystem

An die untere Bauaufsichtsbehörde Kreis Höxter Abteilung Bauen und Planen Moltkestraße 12		Eingangsstempel der Bauaufsichtsbehörde	
PLZ, Ort 37671 Höxter		Aktenzeichen	
<input checked="" type="checkbox"/> Bauantrag <input type="checkbox"/> Antrag auf Vorbescheid Großer Sonderbau § 50 Absatz 2 BauO NRW 2018		Baugenehmigungsverfahren § 65 BauO NRW 2018	
Bauherrschaft (§ 53 BauO NRW 2018)		Entwurfsverfassende (§ 54 Absatz 1 BauO NRW 2018)	
Name, Vorname, Firma UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG		Name, Vorname, Büro Wachwitz, Kay c/o Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG	
Straße, Hausnummer Dr.-Eberle-Platz 1		Straße, Hausnummer Dr.-Eberle-Platz 1	
PLZ, Ort 01662 Meißen		PLZ, Ort 01662 Meißen	
vertreten durch: (§ 53 Absatz 3 BauO NRW 2018) Name, Vorname, Anschrift Zeller, Wieland		bauvorlageberechtigt: (§ 67 Absatz 3 BauO NRW 2018) Name, Vorname Dipl.-Ing. Wachwitz, Kay Mitgliedsnummer der Architekten- oder der Ingenieurkammer des Landes Nr. 52758 Liste bauvorlageberecht. Ing. Sachsen	
Telefon (mit Vorwahl) 03521 - 40 68 0	Telefax 03521 - 40 68 20	Telefon (mit Vorwahl)	Telefax
E-Mail mitteldeutschland@uka-gruppe.de		E-Mail	
Baugrundstück			
Ort, Straße, Hausnummer, gegebenenfalls Ortsteil Borgentreich; Außenbereich			
Gemarkung(en) Bühne	Flur(e) 16; 17	Flurstück(e) 182; 47	
Gebäudeklassen (§ 2 BauO NRW 2018): 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input checked="" type="checkbox"/> Sonstige bauliche Anlagen <input type="checkbox"/>			
Bezeichnung des Vorhabens (Errichtung, Änderung, Nutzungsänderung gemäß § 60 BauO NRW 2018)			
Errichtung von zwei Windenergieanlagen, Typ N163-6.X, weitere Angaben siehe Bau- und Betriebsbeschreibung			
Das Bauvorhaben bedarf einer			
<input type="checkbox"/> Ausnahme (§ 31 Absatz 1 BauGB) <input type="checkbox"/> Befreiung (§ 31 Absatz 2 BauGB) <input type="checkbox"/> Abweichung (§ 69 BauO NRW 2018)			
Hinweis: Der Antrag ist hinreichend bestimmt auf separater Anlage schriftlich zu begründen.			
Bei Vorbescheid (§ 77 BauO NRW 2018)			
planungsrechtliche Zulässigkeit <input type="checkbox"/> bauordnungsrechtliche Zulässigkeit <input type="checkbox"/>			
Fragestellung:			
Bindungen zur Beurteilung des Vorhabens			
<input type="checkbox"/> Vorbescheid	Bescheid vom	erteilt von (Behörde)	Aktenzeichen
<input type="checkbox"/> Teilungsgenehmigung			
<input type="checkbox"/> Baulast Nr.			
<input type="checkbox"/> Denkmalrechtliche Erlaubnis			
<input type="checkbox"/>			
			Fortsetzung Blatt 2

Die erforderlichen Bauvorlagen sind beigefügt:

(Einem Antrag auf Vorbescheid sind nur die für die Klärung der Fragestellung erforderlichen Unterlagen beizufügen.)

1. 3-fach Lageplan/amtlicher Lageplan (§ 3 BauPrüfVO; Anforderungen an Planersteller/in sind zu beachten)
2. 3-fach Berechnung des Maßes der baulichen Nutzung (§ 3 Absatz 2 BauPrüfVO)
(nur im Bereich eines Bebauungsplanes oder einer Satzung nach BauGB)
3. 3-fach Beglaubigter Auszug aus der Flurkarte (§ 2 Absatz 2 BauPrüfVO)
(nur bei Vorhaben nach den §§ 34 oder 35 des Baugesetzbuches; Auszug nicht erforderlich bei Vorlage eines amtlichen Lageplanes)
4. 3-fach Auszug aus der amtlichen Basiskarte 1 : 5 000 (§ 2 Absatz 3 BauPrüfVO)
(nur bei Vorhaben nach den §§ 34 oder 35 des Baugesetzbuches)
5. 3-fach Bauzeichnungen (§§ 4 und 12 BauPrüfVO)
6. 3-fach Baubeschreibung auf amtlichem Vordruck (§ 5 Absatz 1 BauPrüfVO)
7. 3-fach Brandschutzkonzept (§ 9 BauPrüfVO i.V.m. § 54 Absatz 3 BauO NRW 2018)
8. 3-fach Barrierefrei-Konzept (§ 9a BauPrüfVO)
9. 3-fach Betriebsbeschreibung für gewerbliche oder landwirtschaftliche Betriebe auf amtlichem Vordruck
(§ 5 Absatz 2 oder 3 BauPrüfVO)
- 10.1 2-fach Bei Gebäuden: Berechnung des umbauten Raumes nach DIN 277 (§ 6 Nummer 1 BauPrüfVO) oder
- 10.2 2-fach bei Gebäuden, für die landesdurchschnittliche Rohbauwerte je m³ Bruttorauminhalt nicht festgelegt sind, die Berechnung der Rohbaukosten einschließlich Umsatzsteuer (§6 Nummer 1 BauPrüfVO)
- 10.3 1-fach bei der Änderung von Gebäuden oder bei baulichen Anlagen, die nicht Gebäude sind, ist die voraussichtliche Herstellungssumme einschließlich Umsatzsteuer gemäß Tarifstelle 2.1.3 AVerwGebO NRW in einer separaten Anlage zwingend aufzuführen

Spätestens mit Anzeige des Baubeginns werden gemäß § 68 Absatz 2 BauO NRW 2018 eingereicht:

- 11.1 2-fach Bescheinigung zusammen mit dem Nachweis des Schallschutzes, soweit erforderlich aufgestellt oder geprüft durch eine/einen staatlich anerkannte/n Sachverständige/n
- 2-fach Bescheinigung zusammen mit dem Nachweis des Wärmeschutzes, soweit erforderlich aufgestellt oder geprüft durch eine/einen staatlich anerkannte/n Sachverständige/n
- 2-fach Bescheinigung zusammen mit dem Nachweis der Standsicherheit, soweit erforderlich geprüft durch eine/einen staatlich anerkannte/n Sachverständige/n

11.2 Abweichend von Nr. 11.1 wird – soweit erforderlich – eine Prüfung durch die Bauaufsichtsbehörde beantragt für:

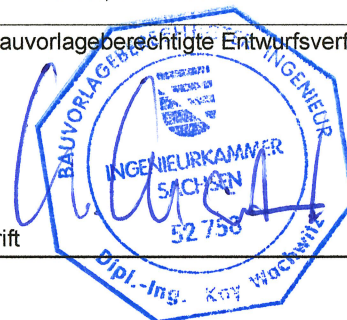
- den Nachweis des Schallschutzes
- den Nachweis des Wärmeschutzes
- den Nachweis der Standsicherheit

12. Erhebungsbogen für die Baustatistik gemäß Hochbaustatistikgesetz13. Angaben zum Artenschutz gemäß § 44 BNatSchGOrt, Datum
Meißen, 31.03.2023Ort, Datum
Meißen, 31.03.2023

Für die Bauherrschaft:

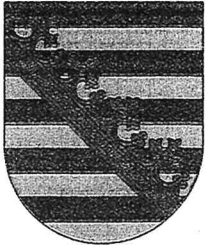
i.v.B.

Die/Der bauvorlageberechtigte Entwurfsverfassende:



Unterschrift

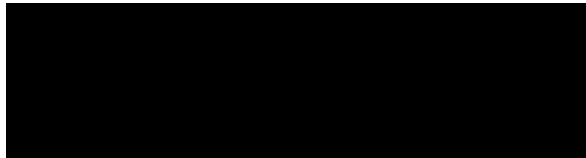
Unterschrift



INGENIEURKAMMER SACHSEN
KÖRPERSCHAFT DES ÖFFENTLICHEN RECHTS

Bescheinigung zur Bauvorlageberechtigung
nach §18 Abs.3 SächsIngKG vom 19.10.1993

Herr Dipl.-Ing. **Kay Wachwitz**



wurde als

bauvorlageberechtigter **INGENIEUR**

unter der Nummer: **52758**

in die Liste der bauvorlageberechtigten Ingenieure
des Freistaates Sachsen am 08.04.1997 eingetragen.



RA Frank Hartmann
stelly. Vorsitzender
Eintragungsausschuss

Dresden, 06.05.2004

Bauantrag / Antrag auf Vorbescheid vom 31.03.2023 Im einfachen Baugenehmigungsverfahren sind Angaben zu den gekennzeichneten Ziffern 8 bis 10 nicht erforderlich.		Baubeschreibung				
Bauherrschaft UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG						
Grundstück (Ort, Straße, Haus-Nr.) Gemeinde Borgentreich, Gemarkung Bühne, Außenbereich						
1	Bezeichnung des Vorhabens	Windenergiepark Borgentreich-Ost III: Errichtung und Betrieb von 2 Windenergieanlagen vom Typ Nordex N163-6.X mit je 6,8 MW Leistung				
2	Art der Nutzung <input checked="" type="checkbox"/> Betriebsbeschreibung ist beigefügt	Umwandlung von Windenergie in elektrische Energie				
3	Angaben zum Grundstück					
	geschützter Baumbestand	<input type="checkbox"/> ja				
	Trinkwasserversorgung	<input type="checkbox"/> durch zentrale Wasserversorgung	<input type="checkbox"/> durch Brunnen			
	Löschwasserversorgung <small>(Art und Entfernung zur Entnahmestelle)</small>					
	Grundstücksentwässerung	<input type="checkbox"/> durch öffentliche Sammelkanalisation	<input type="checkbox"/> vorhanden			
		<input type="checkbox"/> durch Kleinkläranlage	<input type="checkbox"/> fertiggestellt bis zum			
		<input type="checkbox"/> durch sonstige Anlage; Art:				
	Sonstiges					
4	Barrierefreies Bauen	<input type="checkbox"/> eingehalten bei: <input type="checkbox"/> Gebäudeklasse 3 bis 5 mit Wohnungen <input type="checkbox"/> öffentlich zugänglichen baulichen Anlagen <input type="checkbox"/> unverhältnismäßiger Mehraufwand aufgrund von: <input type="checkbox"/> schwierigen Geländeverhältnissen oder <input type="checkbox"/> ungünstiger vorhandener Bebauung (Nachweis ist beigefügt)				
5	Anzahl der notwendigen Stellplätze Bedarfsermittlung gegebenenfalls als Beiblatt	insgesamt auf dem Baugrundstück: <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;">in Garagen +</td> <td style="padding: 0 10px;">im Freien</td> <td style="padding: 0 10px;">=</td> </tr> </table>	in Garagen +	im Freien	=	
in Garagen +	im Freien	=				
		fremden Grundstück mit Baulast:	=			
		durch Ablösung	=			
		Summe:				
		davon für Menschen mit Behinderungen:				
6	Anzahl der Stellplätze mit Leitungsinfrastruktur für Elektromobilität Bedarfsermittlung gegebenenfalls als Beiblatt	Zu errichtende Wohngebäude mit mehr als 5 Stellplätzen (§ 6 GEIG) Anzahl Stellplätze mit Leitungsinfrastruktur Zu errichtende Nichtwohngebäude mit mehr als 6 Stellplätzen (§ 7 GEIG) Anzahl Stellplätze mit Leitungsinfrastruktur Anzahl Ladepunkte <input type="checkbox"/> Dem bestehenden oder erwarteten Bedarf an Ladeinfrastruktur in einer oder mehreren Liegenschaften wird dadurch Rechnung getragen, dass die Gesamtzahl der zu errichtenden Ladepunkte zusammen in einer oder mehreren Liegenschaften errichtet wird. Eine Planung für alle betroffenen Nichtwohngebäude und Stellplätze ist zugrunde gelegt (§ 10 Absatz 2 und 3 GEIG).				

Baubeschreibung Blatt 2		Bauherrschaft: UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG	Bauantrag vom: 31.03.2023
7 Anzahl der notwendigen Fahrradstellplätze Bedarfsermittlung gegebenenfalls als Beiblatt	insgesamt auf dem Baugrundstück:		in Garagen + im Freien =
	fremden Grundstück mit Baulast:		=
	durch Ablösung		=
			Summe:
davon für Menschen mit Behinderungen:			
8 Schutz gegen schädliche Einflüsse			
9 Angaben zur Aufstellung von Feuerstätten	Gesamt -Nennwärmeleistung:		kW
	<input type="checkbox"/> Heizraum		
	<input type="checkbox"/> Aufstellraum		
Angaben zur Brennstofflagerung	<input type="checkbox"/> fester Brennstoff	<input type="checkbox"/> Heizöl	m³
	<input type="checkbox"/> Gas	<input type="checkbox"/> Flüssiggas	m³
	<input type="checkbox"/> unterirdischer Lagerbehälter	<input type="checkbox"/> Lagerraum	<input type="checkbox"/> sonstiger Raum:
10 Lüftung			
Lüftungsanlage für Mittel- oder Großgarage	<input type="checkbox"/> ja	Art der Anlage:	
sonstige genehmigungspflichtige Lüftungsanlage	<input type="checkbox"/> ja	Art der Anlage:	
	<input type="checkbox"/> Lüftungsanlage überbrückt Gebäudetrennwände oder Geschossdecken: <input type="checkbox"/> Schematische Darstellung entsprechend den Bildern der Lüftungsanlagenrichtlinie und Beschreibung der Lüftungsanlagen mit Angabe der Feuerwiderstandsdauer und Baustoffklasse der Bauteile und Lüftungsabschnitte ist beigefügt.		
11 weitere Angaben, sofern wegen Ortsatzungen oder Denkmalschutz erforderlich			
äußere Gestaltung	Wände		
	Dachflächen und Dachaufbauten		
	Türen und Fenster		
Spielplatz für Kleinkinder (Größe und Ausstattung)			
Befestigung, Gestaltung und Eingrünung - der Zufahrten - der Stellplätze im Freien			
Gestaltung und Bepflanzung der nicht überbauten Flächen			

Baubeschreibung Blatt 3	Bauherrschaft: UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG	Bauantrag vom: 31.03.2023
12 Sonstiges		
Die/Der Entwurfsverfassende: <hr/> Name, Vorname, Büro Wachwitz, Kay Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG <hr/> Straße, Hausnummer Dr.-Eberle-Platz 1 <hr/> PLZ, Ort 01662 Meißen <hr/> Datum, Unterschrift *		Genehmigungsvermerk

Kay Wachwitz



* für elektronische Verfahren gelten die jeweiligen Bestimmungen

Bauantrag / Antrag auf Vorbescheid vom 31.03.2023		Betriebsbeschreibung für gewerbliche Anlagen	
Bauherrschaft: UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG		Betreibende: UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG	
Grundstück (Ort, Straße, Hausnummer) Gemeinde Borgentreich, Gemarkung Bühne; Außenbereich			
1	Art des Betriebes oder der Anlage	2x N163-6.X Windenergieanlagen mit 6,8 MW max. elektrischer Leistung	
	Erzeugnisse	Elektrischer Strom	
	Dienstleistung		
	Rohstoffe, Materialien, Betriebsstoffe, Reststoffe, Waren		
2	Betriebszeit	an Werktagen	an Sonn- und Feiertagen
		von bis	von bis
		0:00 Uhr 24:00 Uhr	0:00 Uhr 24:00 Uhr
3	Gesamtbeschäftigte am Betriebsort	im Regelbetrieb: 0	
4	Immissionsschutz		
4.1	Luftverunreinigung <small>(z. B. durch Rauch, Ruß, Staub, Gase, Aerosole, Dämpfe, Geruchsstoffe)</small> Art der Verunreinigung		
	Lage der Emissionsöffnungen <small>(Grundriss- und Höhenangaben)</small>		
	Maßnahmen zur Vermeidung schädlicher Luftverunreinigungen		
4.2	Geräusche <small>(z.B. durch Anlagen, Tätigkeiten, Fahrzeugverkehr auf dem Grundstück)</small> Ursache, Dauer, Häufigkeit	Tageszeit von - bis	Nachtzeit (22.00 – 6.00) von - bis
		6:00-22:00 Uhr	22:00-6:00 Uhr
	Lage der Geräuschquellen <small>(Austrittsöffnungen, ggf. Richtungsangaben)</small>	Maschinenhaus, Rotorblätter	
	Maßnahmen zur Vermeidung schädlicher Geräusche		
4.3	Erschütterungen, mechanische Schwingungen	Tageszeit von – bis	Nachtzeit (22.00 – 6.00) von - bis
	Art, Ursache, Dauer und Häufigkeit		
	Lage der Erschütterungs- oder Schwingungsquellen		
	Maßnahmen zur Vermeidung schädlicher Erschütterungen oder Schwingungen		

4.4 Abfallstoffe Art, Menge pro Zeiteinheit	Siehe Kapitel 8: Angaben zu Abfällen	
Zwischenlagerung Art, Ort und Menge		
Art der Beseitigung	Entsorgung mittels akkreditiertem Entsorger	
4.5 Besonders zu behandelnde Abwässer Art, Menge pro Zeiteinheit		
Art und Ort der Behandlung		
Verbleib der Rückstände		
5 Verfahren nach anderen Rechtsvorschriften <small>(z.B. Genehmigung, Erlaubnis, Eignungsfeststellung nach Wasser-, Gewerbe-, Immissionsschutzrecht)</small> Art des Verfahrens, Gegenstand, Antragsdatum <small>(Ergänzung zu Nummer 5 des Bauantrags)</small>	-Genehmigungsverfahren nach Bundes-Immissionsschutzgesetz, 21.04.2023 -Gegenstand: Errichtung und Betrieb von 2 Windenergieanlagen (WEA) vom Typ Nordex N163-6.X, 1x auf 164 m Nabenhöhe, 1x auf 118 m Nabenhöhe. Der Rotordurchmesser beträgt 163 m, die Gesamthöhe 1x 245,5 m und 1x 199,5 m. Herstellung der Montage-, Kranstell- und Lagerflächen sowie Ausbau der jeweiligen Zufahrt vom vorhandenen Weg zur WEA.	
	Bescheid(e) vom	durch
		Aktenzeichen
Die/Der Entwurfsverfassende:	Genehmigungsvermerk	
Name, Vorname, Büro Wachwitz, Kay Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG		
Straße, Hausnummer Dr.-Eberle-Platz 1		
PLZ, Ort 01662 Meißen		
Datum, Unterschrift *		

* für elektronische Verfahren gelten die jeweiligen Bestimmungen

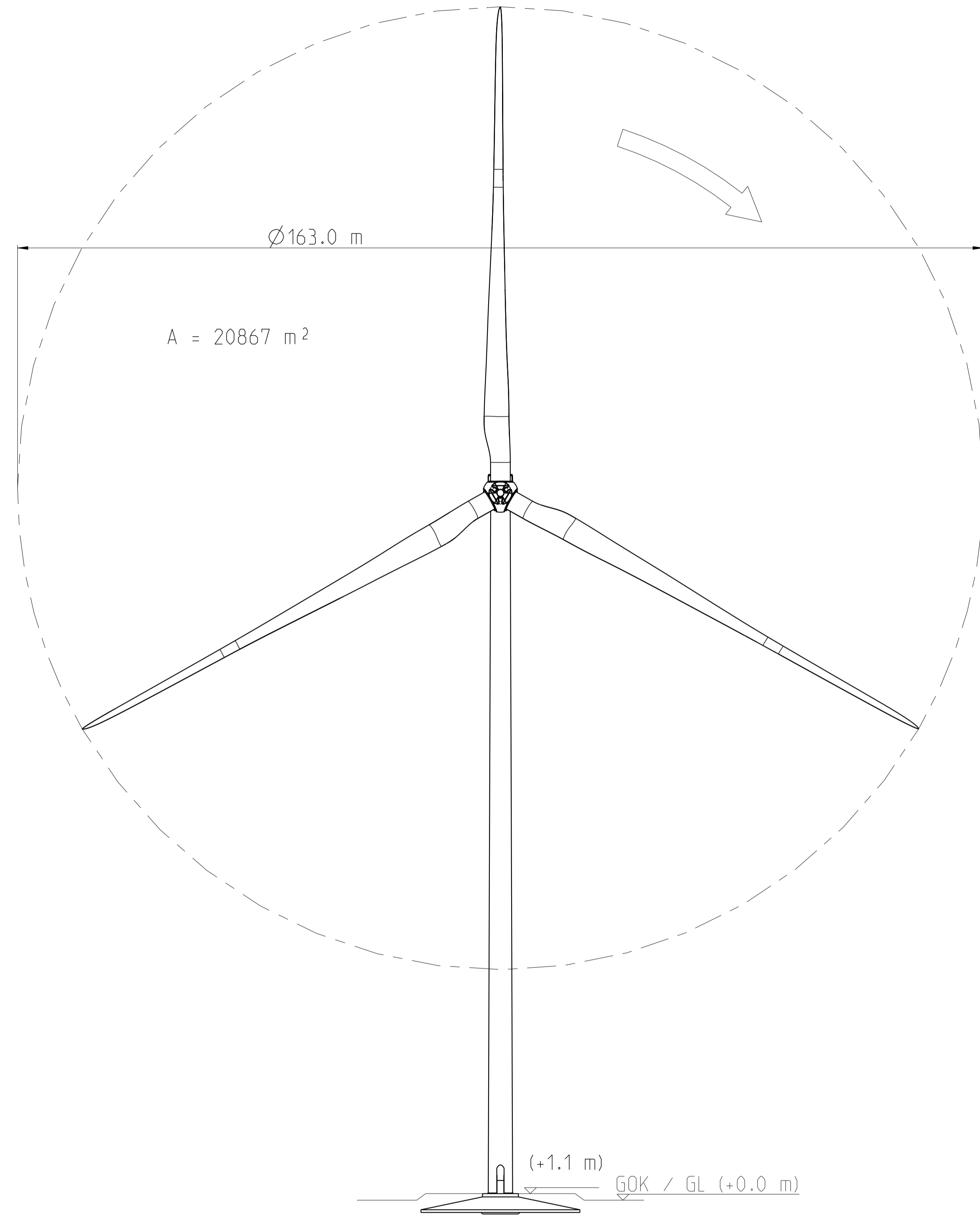
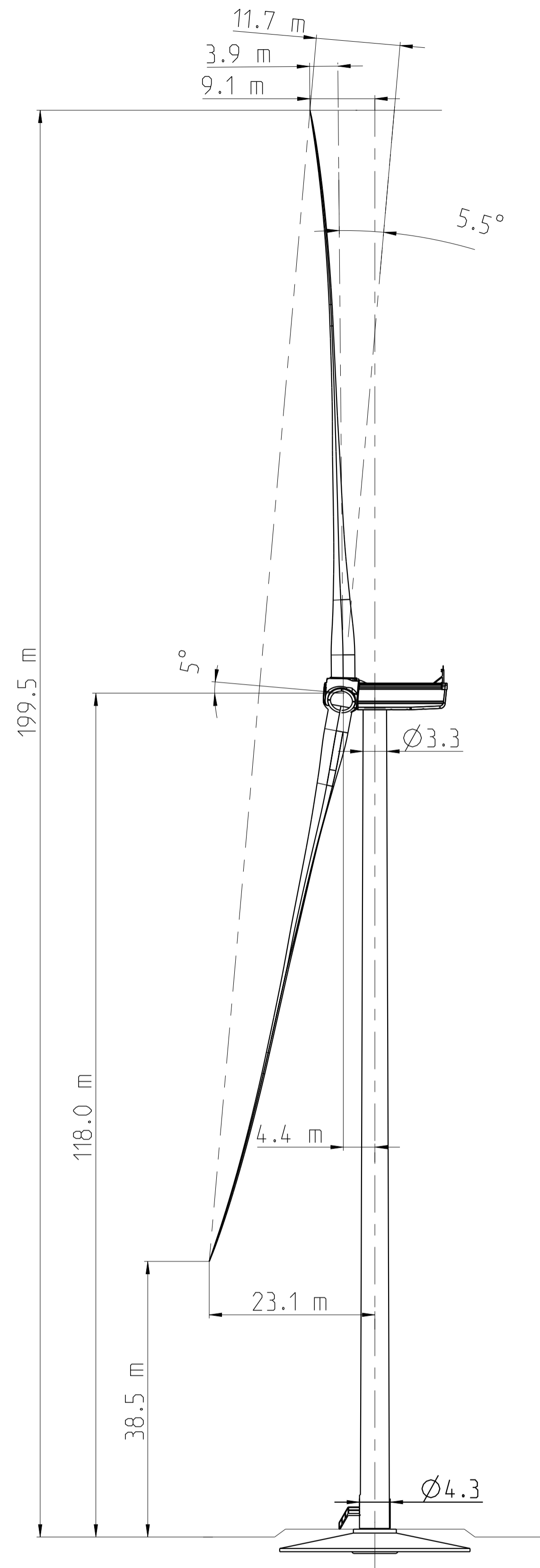




Vorhaben: Windenergiepark Borgentreich-Ost III
Errichtung und Betrieb von zwei Windenergieanlagen

Kapitel 4.3 Amtliche Lagepläne

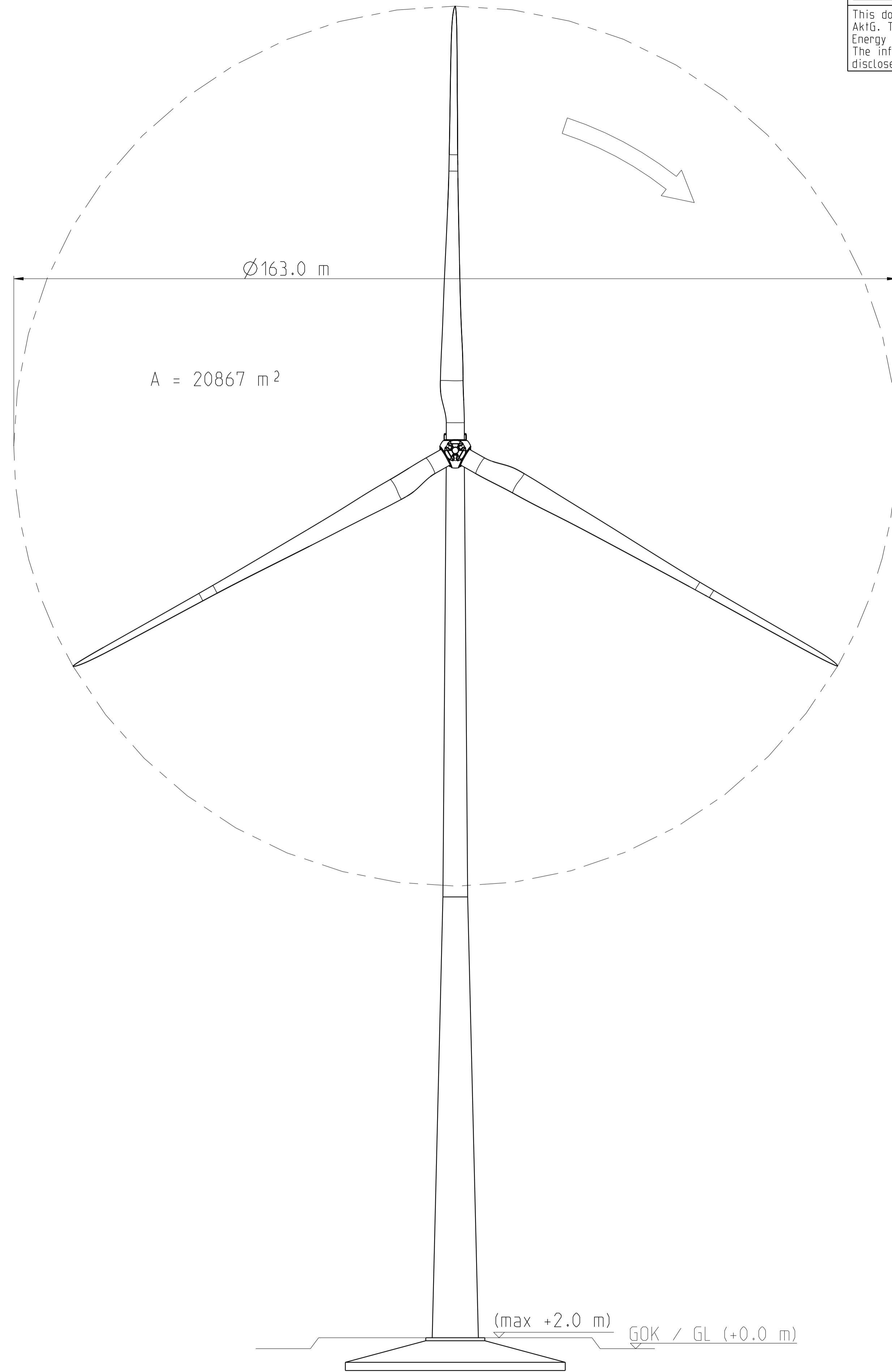
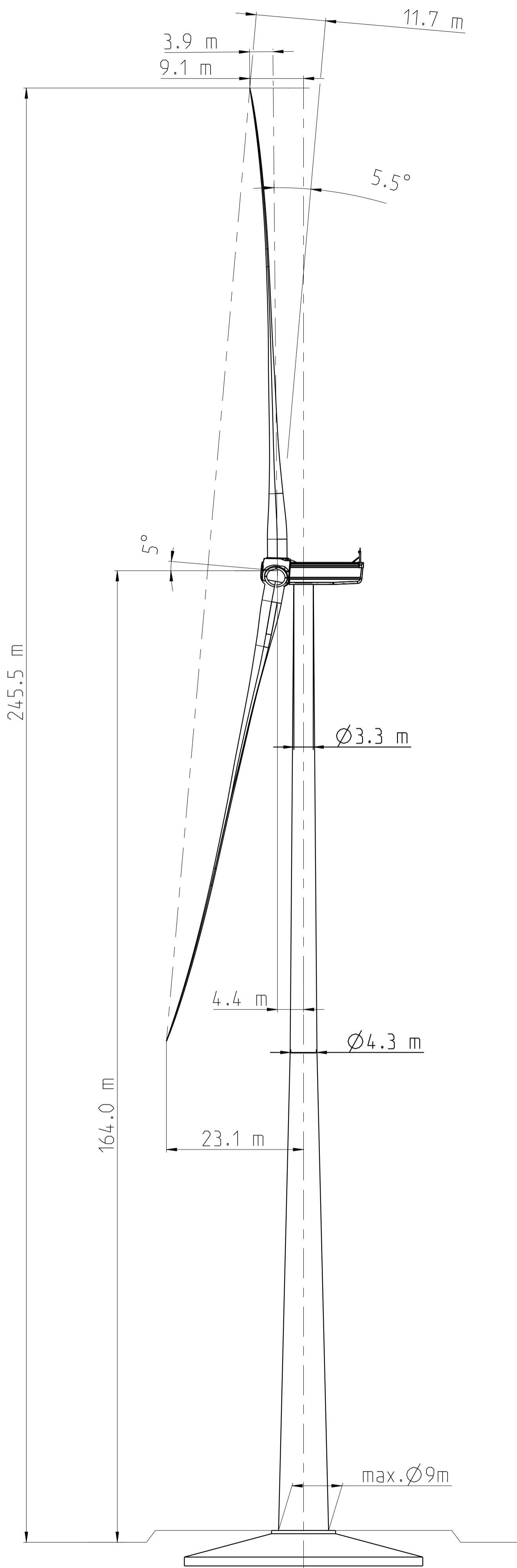
An dieser Stelle befinden sich im Originalantrag Unterlagen mit Betriebs- und Geschäftsgeheimnissen, welche im Rahmen der Beteiligung der Öffentlichkeit nicht offengelegt werden müssen.



Disclaimer
 This document was produced by Nordex Energy GmbH and/or affiliated companies within the meaning of sections 15 et seq. of the AktG. This document, including any presentation of its contents in whole or parts, is the intellectual property of the Nordex Energy GmbH and/or affiliated companies within the meaning of sections 15 et seq. of the German Stock Corporation Act (AktG). The information contained in this document must be treated as confidential and must not, neither in whole nor in parts, be disclosed to third parties without the express consent of Nordex Energy GmbH.

Allgemeintoleranzen/general tolerances ISO 2768-mK	Dokumentenart/type of document TL01 - Übersichtszeichnung	Maßstab/scale 1:500	Gewicht/weight ERP-Nr./no.
Schweißtoleranzen/welding tolerances -	erstellt/created 2021-11-29 D. Asmuthen	Werkstoff/material -	
Übertoleranzen/casting tolerances -	gepr. für/checked 2021-12-16 Richter Kay	Benennung/note Nordex WEA Delta4000 N163/6.X TS118-03	
Werkstoffkanten/edges of workpiece ISO 13715	freigegeben/released 2021-12-17 Schiebler Frank	Zeichnungsnummer/drawing number 00163-E0005562792	Revision 0
Nordex Energy GmbH Langenhorner Chaussee 600 22419 Hamburg Germany			Zeichnungsstatus/drawing status Released Blatt/Sheet 1/2

This document is the property of Nordex Energy GmbH and/or its affiliated companies. It is confidential and its disclosure to third parties is prohibited.



Haftungsausschluss

Das vorliegende Dokument wurde von der Nordex Energy GmbH und/oder einem der Nordex Energy GmbH im Sinne der §§15ff AktG verbundenen Unternehmen erstellt. Dieses Dokument, einschließlich jeglicher Darstellung des Dokumentes im Ganzen oder in Teilen, ist geistiges Eigentum der Nordex Energy GmbH und/oder ihres im Sinne der §§15ff AktG verbundenen Unternehmen. Sämtliche in diesem Dokument enthaltenen Informationen sind vertraulich und dürfen nicht (auch nicht in Auszügen) ohne die ausdrückliche Zustimmung der Nordex Energy GmbH an Dritte weitergegeben werden.

Disclaimer

This document was produced by Nordex Energy GmbH and/or affiliated companies within the meaning of sections 15 et seq. of the AktG. This document, including any presentation of its contents in whole or parts, is the intellectual property of the Nordex Energy GmbH and/or affiliated companies within the meaning of sections 15 et seq. of the German Stock Corporation Act (AktG). The information contained in this document must be treated as confidential and must not, neither in whole nor in parts, be disclosed to third parties without the express consent of Nordex Energy GmbH.

Allgemeintoleranzen/general tolerances ISO 2768-mK	Dokumentenart/type of document TL01 - Übersichtszeichnung	Maßstab/scale 1:500	Gewicht/weight
Schweißtoleranzen/welding tolerances -	erstellt/created 2021-03-18 Aasmuthen Dirk	Werkstoff/material -	ERP-Nr./no.
Übertoleranzen/casting tolerances -	geg. für/checked 2021-03-26 Bubent Anne	Benennung/note Nordex WEA Delta4000 N163/6.X TCS164	
Werkstückkanten/edges of workpiece ISO 13715	freigegeben/released 2021-03-29 Schiebler Frank	Nordex WT Delta4000 N163/6.X TCS164	
Nordex Energy GmbH Langenhorn Chaussee 600 22419 Hamburg Germany		Zeichnungsnummer/drawing number 00163-E0005333399	Revision 1
		Zeichnungsstatus/drawing status Released	Format A1
			Blatt/leaf 1/2

Kapitel 4.5 Abstandsflächen

Berechnung der Abstandsfläche gem. § 6 Abs. 4 BauO NRW 2018 vom 21.07.2018

Gemäß der aktuellen Bauordnung des Landes Nordrhein-Westfalens bemisst sich die Tiefe der Abstandsfläche speziell bei Windenergieanlagen „nach 30 Prozent ihrer größten Höhe“ (§ 6 Abs. 4 BauO NRW 2018). Dies entspricht bei typischen Windenergieanlagen der „Höhe der Rotorachse über der geometrischen Mitte des Mastes zuzüglich des Rotorradius“.

Die Gesamthöhe der Anlage ergibt sich aus der Summe der Nabenhöhe und der Länge des senkrecht nach oben stehenden Rotorblattes.

WEA Daten:

Typ: Nordex N163-6.X
Nabenhöhe: 118 m, 164 m
Rotorradius: 81,5 m

Berechnung der Abstandsfläche WEA 08:

Gesamthöhe = 164 m + 81,5 m = 245,5 m
30 % von 245,5 m

= 73,56 m

Berechnung der Abstandsfläche WEA 09:

Gesamthöhe = 118 m + 81,5 m = 199,5 m
30 % von 199,5 m

= 59,85 m



Vorhaben: Windenergiepark Borgentreich-Ost III
Errichtung und Betrieb von zwei Windenergieanlagen

Kapitel 4.5 Baulasten

Die Unterlagen zur Eintragung der Baulasten für das Bauvorhaben Windenergiepark „Borgentreich-Ost III“ werden noch nachgereicht.



Vorhaben: Windenergiepark Borgentreich-Ost III
Errichtung und Betrieb von zwei Windenergieanlagen

Kapitel 4.5 Nutzungsverträge

An dieser Stelle befinden sich im Originalantrag Unterlagen mit Betriebs- und Geschäftsgeheimnissen, welche im Rahmen der Beteiligung der Öffentlichkeit nicht offengelegt werden müssen.

**Antrag auf Errichtung und Betrieb einer immissionsschutzrechtlich
genehmigungsbedürftigen Anlage gemäß § 4 Bundesimmissionsschutzgesetz
(BImSchG)**

Vorhaben: Windenergiepark Borgentreich-Ost III
Errichtung und Betrieb von zwei Windenergieanlagen vom Typ
Nordex N163-6.X mit einer Nabenhöhe von 118 m und 164 m,
Rotordurchmesser 163 m, Anlagenhöhen 199,5 m und 245,50 m

Kapitel 4.6.1 Prüfbescheid Turm und Fundamente TS118

Der Prüfbescheid für den Turm TS118 (Stahlrohrturm mit 118 m Höhe) liegt uns zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht vor. Nach Angaben des Herstellers liegen entsprechende Unterlagen allerdings aktuell dem TÜV Süd zur Prüfung vor. Wir sichern zu, den o. g Prüfbescheid so bald wie möglich nachzureichen.



PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE
BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN

Prüfbescheid für eine Typenprüfung

Datum: 01.06.2022

Prüfnummer: 3451400-172-d Rev. 1

Objekt: **Turm und Fundamente TCS164B-03 (N23)**
Windenergieanlage Nordex N163/6.X
Rotorblatt Typ NR81.5-2
Nabenhöhe 164 m
Windzone S, Erdbebenzone 3

Prüfgrundlage: DIBt-Richtlinie 2012

**Hersteller und
Konstruktion
WEA:** Nordex Energy SE & Co. KG
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg

**Konstruktion und
Berechnung Be-
tonteil und Funda-
ment:** Max Bögl Wind AG
Max-Bögl-Straße 1
92369 Sengenthal

**Konstruktion und
Berechnung Stahl-
teil:** Nordex Energy SE & Co. KG
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg

P.E. Concepts GmbH
Kruppstraße 82-100
45145 Essen

Auftraggeber: Nordex Energy SE & Co. KG
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg

Gültig bis: 16.02.2027

Unsere Zeichen:
IS-ESW-MUC/JK

Dokument:
3451400-172-
d_R1_Nordex_N163-
6.X_TCS164B-03
(N23)_TPB.docx

Das Dokument besteht aus
8 Seiten.
Seite 1 von 8

Die auszugsweise Wiedergabe des
Dokumentes und die Verwendung
zu Werbezwecken bedürfen der
schriftlichen Genehmigung der
TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Die Prüfergebnisse beziehen
sich ausschließlich auf die
untersuchten Prüfgegenstände.



Revision	Datum	Änderungen
0	11.04.2022	Erstfassung
1	01.06.2022	Lebensdauer für Maschine und Rotorblatt angepasst, redaktionelle Änderungen

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeine Bestimmungen.....3
2. Anlagenbeschreibung3
3. Prüfgrundlage4
4. Prüfberichte zur bautechnischen Prüfung.....4
5. Gutachtliche Stellungnahmen.....5
6. Zusammenfassung.....7
7. Auflagen.....7
Anlage 1:.....8



1. Allgemeine Bestimmungen

Die Typenprüfung für die in Abschnitt 2 beschriebene Windenergieanlage besteht aus den unter Abschnitt 4 aufgeführten Prüfberichten sowie diesem Typenprüfbescheid. Grundlage der Typenprüfung sind die in Abschnitt 5 gelisteten gutachtlichen Stellungnahmen.

Die Typenprüfung bestätigt die Prüfung der Standsicherheit der gelisteten Türme und Gründungen.

Dieser Prüfbescheid zur Typenprüfung ersetzt nicht die Bestätigung des Auflagenvollzugs. Er ersetzt keine für die Durchführung von Bauvorhaben erforderlichen Genehmigungen.

Bei Abweichungen von diesem Prüfbescheid zur Typenprüfung oder den unter Abschnitt 4 und 5 aufgeführten zugehörigen Prüfberichten und Stellungnahmen sowie den darin geprüften Unterlagen und gelisteten Prüfgrundlagen ist die Standsicherheit im Einzelfall nachzuweisen und zu prüfen.

Es wird davon ausgegangen, dass Hersteller und Betreiber ihren Verpflichtungen zur Gewährleistung des sicheren Betriebes der Anlage nachkommen und über im Betrieb festgestellte, auslegungsrelevante Auffälligkeiten, wie z.B. Schwingungsphänomene, berichten und gegebenenfalls veranlassen, dass entsprechende Untersuchungen durchgeführt und neue Berechnungen zur Prüfung vorgelegt werden.

2. Anlagenbeschreibung

Die hier behandelte Windenergieanlage vom Typ Nordex Delta4000 N163/6.X mit 164 m Nabenhöhe besteht aus einem luvseitig angeordneten Dreiblatt-Rotor, der über die Rotorwelle mit dem Hauptgetriebe verbunden ist.

Die Anlage wird mittels Blattwinkelverstellung und variabler Rotordrehzahl geregelt.

Umgebungsbedingungen und Daten der Maschine gemäß Herstellerangaben:

Nennleistung	6800 kW ¹
Windzone	S
Erdbebenzone nach DIN 4149	3
Nabenhöhe	164 m
Rotorblatttyp	NR81.5-2
Rotordrehzahlbereich (Produktionsbetrieb)	5,96 – 11,61 U/min
Nennwindgeschwindigkeit, V_f (1 Sekunden Mittelwert)	12,5 m/s
Abschaltwindgeschwindigkeit (10 Minuten Mittelwert)	20 m/s ²
Einschaltwindgeschwindigkeit (10 Minuten Mittelwert)	3 m/s
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit (1 Jahres Mittelwert)	7,5 m/s
Extremer 50-Jahres-Wind, V_{ref} (10 Minuten Mittelwert)	40,3 m/s

¹ Die Windenergieanlage N163/6.X ist elektrisch (Generator, Umrichter, Transformatoren) für den Betrieb mit einer Nennleistung von bis zu 7035 kW geeignet. Unter Berücksichtigung eines eingeschränkten Blindleistungsbereiches ist ein Betrieb bis zu einer Nennleistung von 7350 kW möglich (siehe [11]).

² Bei Anlagenvarianten, die über einen ESCO Modus verfügen, wird zwischen 21 m/s und 26 m/s die Leistung schrittweise reduziert.



Lebensdauer Turm und Fundament ³	25 Jahre
Lebensdauer Maschine und Rotorblatt ³	30 Jahre

Tabelle 1

In der folgenden Tabelle sind die möglichen Turm- und Gründungsvarianten mit den entsprechenden Prüfberichten gelistet:

Nabenhöhe	164 m
Turmkonstruktion	Hybridturm N23 [1]
Fundament	Flachgründung mit Auftrieb [2]

Tabelle 2

Detaillierte Beschreibungen der Bauteile Turm und Fundament sind in den zitierten Prüfberichten zu finden.

3. Prüfgrundlage

Der Prüfung wurden die folgenden Normen und Richtlinien zugrunde gelegt:

- /1/ „Richtlinie für Windenergieanlagen“, herausgegeben vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt), Version 2012, korrigierte Fassung März 2015
- /2/ DIN EN 61400-1:2011 „Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005 + A1:2010); Deutsche Fassung EN 61400-1:2005 + A1:2010“
- /3/ IEC 61400-1:2005 „Wind turbines – Part 1: Design requirements“
- /4/ Änderungen 1 (2010) zur Norm IEC 61400-1:2005 „Wind Turbines – Part 1: Design requirements“

Nach den Anerkennungsnotizen im Vorwort von /2/ entspricht die Norm /2/ inhaltlich /3/ und /4/. Entsprechend kann in den in Abschnitt 5 gelisteten Gutachterlichen Stellungnahmen gleichwertig /2/ oder /3/ in Kombination mit /4/ als Prüfgrundlage verwendet werden.

In den Prüfberichten in Abschnitt 4 und gutachtlichen Stellungnahmen in Abschnitt 5 sind die jeweils zugrunde gelegten Normen und Richtlinien genannt.

4. Prüfberichte zur bautechnischen Prüfung

Gegenstand der Typenprüfung ist die Prüfung der Standsicherheitsnachweise sowie die Prüfung der zugehörigen Konstruktionszeichnungen für den Turm und die zugehörigen Gründungen entsprechend Tabelle 2.

Die im Rahmen der Prüfungen eingereichten Unterlagen sind in den folgenden Prüfberichten aufgelistet.

Die geprüften und mit rundem Prüfstempel versehenen Unterlagen entsprechen den Anforderungen der DIBt-Richtlinie /1/ sowie den in den folgenden Prüfberichten genannten Normen und Richtlinien und sind im Wesentlichen vollständig und richtig.

³ Die Anlage kann projektspezifisch mit einer erweiterten Lebensdauer von bis zu 35 Jahren betrieben werden. Bei Überschreiten einer Lebensdauer von 20 Jahren müssen die Bedingungen aus der gutachtlichen Stellungnahme [10] in jedem Fall erfüllt sein.



Die Prüfung der Podeste, Besteigeeinrichtungen und Innenausbauten des Turmes ist nicht Bestandteil dieser Typenprüfung.

- [1] „Prüfbericht für eine Typenprüfung – Prüfung der Standsicherheit – Hybridturm TCS164B-03 (N23), Windenergieanlage Nordex Delta4000 N163/6.X, 164 m Nabenhöhe, Windzone S, Erdbebenzone 3“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 15 Seiten, Dokument Nr. 3451400-120-d-6, Rev. 0, Datum 2022-02-17
- [2] „Prüfbericht für eine Typenprüfung – Prüfung der Standsicherheit – Flachgründung, Windenergieanlage: Nordex N163/6.X, Turm: Hybridturm TCS164B-03 (N23), Nabenhöhe: 164 m über GOK, Windzone S, Erdbebenzone 3, Hier: Ø = 25,5 m (rund) mit Auftrieb“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 8 Seiten, Dokument Nr. 3451400-130-d-7 Rev. 0, Datum 2022-02-17

Der Turmbericht wurde im Fundamentbericht [2] irrtümlicherweise mit der Nummer 3451400-12-d-6 zitiert. Richtig ist der Verweis auf den hier zitierten Prüfbericht [1].

5. Gutachtliche Stellungnahmen

Die folgenden gutachtlichen Stellungnahmen gemäß /1/ Abs. 3.I. wurden im Rahmen dieser Typenprüfung vorgelegt:

- Bestätigung der Schnittgrößen für den Nachweis von Turm und Gründung, Rotorblätter und Maschinenbau (Lastgutachten)
- Nachweis der Sicherheitseinrichtungen (Sicherheitsgutachten)
- Nachweis der Rotorblätter
- Nachweis der maschinenbaulichen Komponenten (Maschinengutachten)
- Nachweis der Verkleidung von Maschinenhaus und Nabe
- Nachweis für die elektrotechnischen Komponenten und den Blitzschutz

Als Grundlage für die Lastannahmen gelten die folgenden gutachtlichen Stellungnahmen:

- [3] „Gutachtliche Stellungnahme – Bewertung der Konstruktion – Lastannahmen, Windenergieanlage Nordex Delta4000 N163/6.X 50/60 Hz, Rotorblatt Typ NR81.5-2, optional mit AIS und Serrations, Nabenhöhe 164 m über Geländeoberkante (Turm TCS164B-03 (N23)), WEA Klasse S und Windzone S, Erdbebenzone 3, hier: Turm- und Fundamentlasten“ erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 13 Seiten, Dokument Nr. 3451400-11-d-1, Rev. 1, Datum 2021-12-01
- [4] Bewertung der Konstruktion – Lastannahmen, Windenergieanlage Nordex Delta4000 N163/6.X 50/60 Hz, Rotorblatt Typ NR81.5-2, optional mit AIS und Serrations, Nabenhöhe 138 m, 159 m und 164 m über Geländeoberkante (Türme TS138-00, TS159-01 und TCS164B-03 (N23)), WEA-Klasse S und Windzone S, Erdbebenzone 3, hier: Maschinenbau- und Rotorblattlasten“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 15 Seiten, Dokument Nr. 3451400-17-d-1, Rev. 1, Datum 2021-12-01

Für die weiteren oben genannten Unterlagen gelten die folgenden gutachtlichen Stellungnahmen:

- [5] „Gutachtliche Stellungnahme – Bewertung der Konstruktion – Personensicherheit, Betriebsführung und Sicherheitssystem (CAPS), Handbücher, Windenergieanlagen vom Typ Delta4000 Nordex N149/4.0-4.5, N133/4.8, N149/5.X und N163/5.X 50/60 Hz, Betriebsführung und Sicherheitssystem (CAPS), Windenergieanlage vom Typ Delta4000



- N163/6.X 50/60 Hz“ erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 21 Seiten, Dokument Nr. 2740209-8-d-2, Rev. 22, Datum 2022-03-31
- [6] „Gutachtliche Stellungnahme – Bewertung der Konstruktion – Rotorblatt, Typ Nordex NR81.5-1 und NR81.5-2 für die Windenergieanlagen Nordex Delta4000 N163/5.X und N163/6.X, optional mit Serrations, Eiserkennungssystem, Vortexgeneratoren und Eisschutzsystem“ erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 21 Seiten, Dokument Nr. 3114128-40-d-3, Rev. 2, Datum 2021-09-02
- [7] „Gutachtliche Stellungnahme – Bewertung der Konstruktion: Maschinenbauliche Strukturen, Maschinenbauliche Komponenten, Maschinenhaus- und Nabenverkleidung, Windenergieanlage vom Typ Delta4000 Nordex N163/6.X, Nordex N163/5.X, Nordex N149/4.0-4.5, Nordex N149/5.X, Nordex N133/4.8“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 95 Seiten, Prüfnummer: 2740209-47-d-4, Rev. 22, Datum 2022-03-31
- [8] „Gutachtliche Stellungnahme – Bewertung der Konstruktion – Maschinenbauliche Strukturen, Windenergieanlagen vom Typ Delta4000, Hier: Turmkopfflansch Delta4000 23 Nase“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 7 Seiten, Prüfnummer: 3451400-110-d-11, Rev. 1, Datum 2021-08-11
- [9] „Gutachtliche Stellungnahme – Bewertung der Konstruktion – Elektrische Komponenten und Blitzschutz, Windenergieanlagen vom Typ Delta4000 N149/4.0-4.5, N133/4.8, N149/5.X, N163/5.X und N163/6.X, 50/60 Hz, Rotorblatt Typ NR74.5, NR65.5-3 und NR81.5, optional mit AIS und Serrations“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 65 Seiten, Prüfnummer: 2740209-54-d-5, Rev. 11, Datum 2022-02-15
- [10] „Gutachtliche Stellungnahme – Bewertung der Konstruktion – Verlängerung der Lebensdauer auf 21 bis 35 Jahre, Windenergieanlagen Nordex Delta4000 N149/5.X, N163/5.X, N163/6.X, N149/4.0-4.5 und N133/4.8, Hier: Elektrische Komponenten, Blitzschutzsystem, Betriebsführungs- und Sicherheitssystem (CAPS) und Lastgetriebene Komponenten (Strukturkomponenten + Turm)“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 8 Seiten, Prüfnummer: 3114128-222-d, Rev. 3, Datum 2021-12-15
- [11] „Gutachtliche Stellungnahme – Bewertung der Konstruktion – Windenergieanlagen vom Typ Delta4000 N163/6.X, Hier: variable Leistungskurve (VPC)“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 7 Seiten, Prüfnummer: 3451400-230-d-1, Rev. 1, Datum 2022-03-15

Die Zusammenstellung von gutachtlichen Stellungnahmen ist im Sinne der DIBt Richtlinie /1/ Abschnitt 3.I vollständig. Lediglich die Unterlagen gemäß Abschnitt 3.J, K und L sind mit der gutachtlichen Stellungnahme [5] noch nicht bestätigt. Die in den gutachtlichen Stellungnahmen vorgegebenen Werte und Eigenschaften wurden in den Nachweisen von Turm und Gründungen berücksichtigt. Die gutachtlichen Stellungnahmen bestätigen die Übereinstimmung mit den in Abschnitt 3 gelisteten Prüfgrundlagen.

Die gutachtliche Stellungnahme [6] beinhaltet keine Bestätigung des statischen Tests des Rotorblatts.



6. Zusammenfassung

Die eingereichten gutachtlichen Stellungnahmen und Prüfberichte für den Turm TCS164B-03 (N23) und die zugehörige Gründung der Windenergieanlage vom Typ Nordex Delta4000 N163/6.X entsprechen den Anforderungen der DIBt-Richtlinie /1/.

Die Anforderungen an die Standsicherheit des Turmes und der Gründung sind erfüllt, vorausgesetzt, alle in den Prüfberichten und diesem Prüfbescheid genannten Auflagen sowie alle Auflagen und Bemerkungen der zugehörigen gutachtlichen Stellungnahmen werden beachtet bzw. vollzogen. Eine Übersicht der Auflagen kann Anlage 1 dieses Typenprüfbescheids entnommen werden.

Der Turm und die zugehörige Gründung sind mindestens alle 2 Jahre durch einen Sachverständigen für Windenergieanlagen auf den Erhaltungszustand hin zu überprüfen. Wenn von der Herstellerfirma eine laufende (mindestens jährliche) Überwachung und Wartung der Windenergieanlage durchgeführt wird, kann der Zeitraum der Fremdüberwachung auf 4 Jahre verlängert werden. Über die Überprüfung bzw. Überwachung und Wartung ist mindestens alle 2 Jahre ein Bericht zu erstellen.

7. Auflagen

1. Bis zur Inbetriebnahme der ersten Anlage muss der Nachweis des statischen Blatttests erbracht und eine entsprechende gutachtliche Stellungnahme vorgelegt werden.
2. Bis zur Inbetriebnahme der ersten Anlage muss das Maschinengutachten mit Bestätigung der Unterlagen gemäß Abschnitt 3.J, K und L der DIBt-Richtlinie /1/ vorgelegt werden.

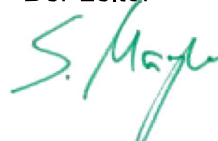
Für die Verlängerung der Typenprüfung sind die eingereichten Unterlagen, insbesondere die Zeichnungen und die Berechnungen für den Turm und die zugehörige Gründung, zu einer erneuten Überprüfung hinsichtlich geänderter Vorschriften oder Richtlinien vorzulegen.

**TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Prüfamt für Standsicherheit für die
bautechnische Prüfung von Windenergieanlagen**

Der Bearbeiter


J. Kahr

Der Leiter


i.V. S. Mayer



Anlage 1:

Detaillierter Verweis auf die einzelnen Auflagen der zugrundeliegenden Prüfberichte und Gutachtlichen Stellungnahmen:

[1]	Kapitel 6, Auflagen 1 bis 26
[2]	Kapitel 6, Auflagen 1 bis 10
[3]	Kapitel 6, Auflagen 1 bis 9
[4]	Kapitel 6, Auflagen 1 bis 10
[5]	Kapitel 6, Auflagen 1 bis 6
[6]	Kapitel 6, Auflagen 1 bis 6
[7]	Kapitel 6, Auflagen 1 bis 9
[8]	Kapitel 6, Auflagen 1 bis 3
[9]	Kapitel 6, Auflagen 1 bis 3
[10]	Kapitel 6, Auflagen 1 bis 4
[11]	Kapitel 6, Auflagen 1 bis 5

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG

Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen
Geophysik & Geotechnik



BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG - Glockenplatz 1 - 34388 Trendelburg

UKA Umweltgerechte Kraftanlagen
GmbH & Co. KG
Max Schuller - Seyffarth
Dr. Eberle - Platz 1
01662 Meißen

Projektnummer: 222477-1
Ansprechpartner: Dennis Flenner
Datum: 23.02.2023
Telefon: 0 56 71 – 77 97 0
Fax: 0 56 71 – 77 97 10
eMail: info@bbu-schubert.de
www.bbu-schubert.de

INGENIEURGEOLOGISCHES GUTACHTEN

Bearbeitungsstatus: vorläufig aufgrund fehlender Lastangaben der Anlage mit 118 m NH

Borgentreich - WP Borgentreich Ost III - Errichtung von 2 Windenergieanlagen

Hier: Orientierende geologische Voruntersuchung nach DIN 4020 mit ingenieurgeologischer Baugrundbeurteilung sowie gründungs- und erdbautechnischen Empfehlungen

Bauvorhaben: Errichtung von 2 Windenergieanlagen (WEA 08 und 09)
NORDEX N-163 6.8 MW mit 164 m Nabenhöhe (WEA 08)
NORDEX N-163 6.8 MW mit 118 m Nabenhöhe (WEA 09)
Windpark Borgentreich Ost III
34434 Borgentreich

Bauherr: UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG
Dr. Eberle - Platz 1
01662 Meißen

Auftraggeber: wie vor

Projektplanung: wie vor

Anlagenhersteller: Nordex Energy SE & Co. KG
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg

Nachfolgend wird das Ingenieurgeologische Gutachten mit den Seiten 2 bis 52 und den Anlagen 1.1 bis 5.4 vorgelegt.



Inhaltsverzeichnis:

1	Bauvorhaben	3
2	Auftrag	4
3	Grundlagen, Bearbeitungsunterlagen	5
4	Örtliche Situation, geologischer Untergrund	6
5	Baugrunderkundung.....	9
5.1	Erkundungsprogramm	9
5.2	Erkundeter Bodenaufbau "unmittelbare Aufstellungsorte"	10
5.3	Bodenwasserverhältnisse	12
5.4	Labortechnische Untersuchungen	13
5.5	Dynamische Widerstandsmessungen "unmittelbare Aufstellungsorte"	14
5.6	Geophysikalische Messungen	17
5.7	Charakteristische Bodenkennwerte	18
5.8	Bautechnische Einteilung.....	19
5.9	Durchlässigkeit und Versickerungsfähigkeit.....	21
5.10	Erdbebensicherheit.....	21
5.11	Bauchemische Bodenanalyse.....	22
6	Ingenieurgeologische Beratung	23
6.1	Planungsvorgaben.....	23
6.2	Geotechnische Rahmenbedingungen (Zusammenfassung)	26
6.3	Gründung der Anlagen.....	28
6.4	Auftriebssicherheit	31
6.5	Geotechnische Nachweise	31
6.6	Erdarbeiten	36
6.7	Wasserhaltung.....	37
6.8	Bodenaustausch	37
6.9	Arbeitsraumverfüllung und Fundamentüberschüttung	39
7	Zuwegungen.....	40
8	Kranstell- und Montageflächen.....	47
9	Schlussbemerkungen.....	53

1 Bauvorhaben

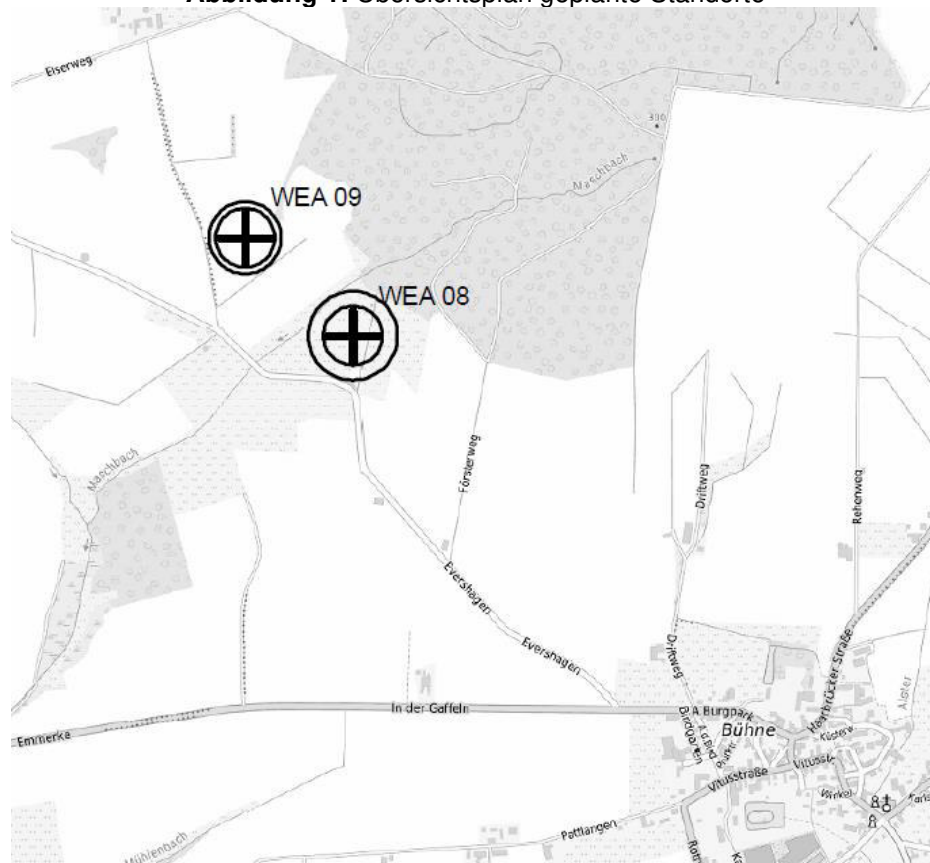
Die **UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG, Meißen**, plant die Errichtung und den Betrieb von 2 Windenergieanlagen im Windpark Borgentreich Ost III, nordwestlich der Ortschaft Bühne (Kreis Höxter - Nordrhein-Westfalen).

Das Projektvorhaben sieht die Aufstellung der Anlagen und Anlagensysteme vor:

- **WEA 08** → **NORDEX N-163 6.8 MW mit 164 m Nabenhöhe**
- **WEA 09** → **NORDEX N-163 6.8 MW mit 118 m Nabenhöhe**

Die nachstehende Abbildung zeigt in einem Übersichtsplan die geografischen Standortpositionen.

Abbildung 1: Übersichtsplan geplante Standorte





Für die Anlagensysteme stehen die Anforderungskriterien des Anlagenherstellers mit den Fundamentdatenblätter zur Verfügung wie folgt:

- **Allgemeine Dokumentation Fundamente N163 / 6.X TCS164**, Rev. 02 / 17.08.21, UKA Meißen Projektentwicklung GmbH & Co. KG
- **Allgemeine Dokumentation Fundamente N163 / 6.X TS118-03**, Rev. 01 / 09.12.2021, UKA Meißen Projektentwicklung GmbH & Co. KG - **ohne Lasten an der Fundamentunterkante!**

Für die Bearbeitung ist darüber hinaus folgende Spezifikation des Anlagenherstellers zu berücksichtigen:

- **Technische Spezifikation - Baugrunduntersuchung & Geotechnischer Bericht - Fundament, Straßen und Kranstellflächen - Deutschland** - Nordex Energy SE & Co. KG, Rev. 00 / 01.11.2017, Dokumentennr.: E0004353911

2 Auftrag

Zur Prüfung der geotechnischen Rahmenbedingungen und für die Beurteilung einer technisch einwandfreien und sicheren Gründungsausführung wird die Erkundung der anstehenden Boden- und Bodenwasserverhältnisse erforderlich.

In diesem Zusammenhang hat der **Bauherr** die **BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG, Trendelburg**, beauftragt, die im Gründungseinwirkungsbereich der geplanten Standorte vorhandenen Untergrundverhältnisse festzustellen, auf deren Grundlage eine Gründungsberatung zu bearbeiten und die Zulässigkeitskriterien entsprechend den vorliegenden anlagenherstellerseitigen Vorgaben zu bestätigen.

Gemäß der vorstehenden Zielsetzung wird das Ergebnis der **orientierenden ingenieurgeologischen Voruntersuchung** mit nachfolgendem Ingenieur-geologischen Gutachten dargestellt, ausgewertet und bekannt gegeben.

Das vorliegende Gutachten beschreibt die Baugrunderkundung, -untersuchung und -bewertung der geologischen Voruntersuchung nach DIN 4020 und entbehrt zur Realisierung von erd- und grundbautechnischen Arbeiten nicht die geologische Hauptuntersuchung nach DIN 4020.

Die schriftliche Ausarbeitung gilt nur nach Verifizierung und vorbehaltlich einer ausreichenden Fachbauleitung bzw. geotechnischen Baustellenbegleitung durch das Unterzeichnerbüro.

Anmerkung: Der örtlich begrenzte Untersuchungsumfang kann Änderungen der außerhalb des Untersuchungsbereiches anstehenden Baugrundverhältnisse, die Einfluss auf die geotechnischen Rahmenbedingungen sowie die erdbau- und gründungstechnischen Arbeiten haben können, naturgemäß nicht ausschließen.

3. Grundlagen, Bearbeitungsunterlagen

Als Grundlage zur Bearbeitung wurden die einschlägigen Normen, Regelwerke und sonstigen Bauvorschriften sowie das zugehörige Fachschrifttum herangezogen, unter anderem:

- **DIN 4020**
"Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke"
- **DIN EN ISO 22 475**
"Geotechnische Erkundung und Untersuchung (ersetzt DIN 4021)"
- **DIN EN ISO 14 688**
"Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Böden (ersetzt DIN 4 022 und DIN 4 023)"
- **DIN EN ISO 22 476-2**
"Geotechnische Erkundung und Untersuchung, Teil 2: Rammsondierungen (ersetzt DIN 4 094)"
- **DIN 1997 - 1 (Eurocode EC - 7)**
"Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln" und nationales Anwendungsdokument (NAD)
- **DIN 1997 - 2 (Eurocode EC - 7)**
"Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrundes" und nationales Anwendungsdokument (NAD)
- **DIN 1054**
"Baugrund, Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau"
- **VOB**
"Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen"
- **DIN 4124**
"Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau"
- **DIBt - Richtlinie für Windenergieanlagen**
"Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung"
- **Grundbau - Taschenbuch (GBT)**
"fünfte Auflage, Teil 1, Ernst & Sohn"
- **RStO**
"Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen"
- **ZTV E - StB**
"Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau"
- **Floss, Rudolf**
"ZTVE Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Kommentar mit Compendium Erd- und Felsbau - 3. Auflage, Bonn, 2006"
- **ZTV V - SoB - StB**

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG

Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen
Geophysik & Geotechnik



"Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau"

- **TL SoB - StB**
"Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau"
- **Geologische Karte von Nordrhein - Westfalen,**
"Blatt Nr. 4421 Borgentreich im Maßstab 1 : 25.000"

Zum Zeitpunkt der Berichtsverfassung standen dem Unterzeichnerbüro folgende Projektunterlagen für die Bearbeitung zur Verfügung:

- **Koordinaten Windenergieanlagen WEA 08 und 09,** WP Borgentreich III, UKA Meißen Projektentwicklung GmbH & Co. KG
- **Borgentreich Ost_III_Layoutplanung,** Maßstab 1 : 5.000, 20.07.2022, UKA Meißen Projektentwicklung GmbH & Co. KG
- **Übersichtsplan Borgentreich Ost_III vereinfacht,** Maßstab 1 : 25.000, UKA Meißen Projektentwicklung GmbH & Co. KG, 30.11.2022

Im Vorfeld wurden an den Standorten durch das Unterzeichnerbüro bereits geophysikalische Untersuchungen zur Detektion von Hohlräumen und Verkarstungen durchgeführt und das Ergebnis vorgelegt mit:

- **Ingenieurgeophysikalische Stellungnahme -222477-1-** vom 25.01.2023

4 Örtliche Situation, geologischer Untergrund

Die geplanten Windenergieanlagen kommen etwa 2 km nordwestlich der Ortschaft Bühne zur Aufstellung.

Exakte Standortpositionen sind mit folgenden Koordinaten (UTM ETRS89 Zone 32) ausgewiesen:

Anlage	Anlagentyp	Ost	Nord
WEA 08	N-163 6.8MW mit 164 m NH	519928.42	5714958.02
WEA 09	N-163 6.8MW mit 118 m NH	519630.89	5715228.35

Tabelle 1: Standortkoordinaten

Morphologisch ist die Umgebung durch eine Hochebene mit überwiegend flachen Geländetopografien und gelegentlichen Senken auf Höhen zwischen etwa 246,5 und 281,5 m ü. NHN gekennzeichnet.

Die Zuwegung zu den Standorten erfolgt über ein Netz aus befestigten und teilbefestigten Wirtschaftswegen.

Das Umfeld unterliegt land- und forstwirtschaftlicher Nutzung.
Folgende Fotoaufnahmen zeigen die Umgebungsverhältnisse zum Erkundungszeitpunkt.

Fotobeschreibung:

Foto 1: Standort WEA 08 - Blick Richtung Nordnordost

Foto 2: Standort WEA 08 - Blick Richtung Ostsüdost

Foto 3: Standort WEA 09 - Blick Richtung Norden

Foto 4: Standort WEA 09 - Blick Richtung Osten

Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4



Lithologie

Nach Auswertung der vorliegenden geologischen Kartierungen werden im Untersuchungsgebiet die Gesteine des **Mittleren Keuper** ausgewiesen bestehend aus



Mergel- und Tonmergelsteinlagen. Die Gesteinsschichten fallen schwach Richtung Nordwesten ein. In den Deckschichthorizonten liegen meist Verwitterungsstrukturen vor, so dass je nach Intensität lockergesteinsähnliche Strukturen vorliegen können.

Die Festgesteinshorizonte in der Umgebung sind vor allem in Senken und Tälern gelegentlich von **quartären Lockersedimenten** überdeckt. Dabei handelt es sich vorwiegend um Lösslehm, örtlich treten **Hangbildungen, Fließerden** und **fluviale** Ablagerungen von Bächen und Flüssen auf.

Anthropogene Ablagerungen oder sonstige schädliche Bodenveränderungen im Bereich des Baufeldes sind nicht bekannt.

Verkarstung und Erdfälle/ Tektonik

Auslaugungsfähige Gesteine (hierzu zählt insbesondere Kalkstein) können verschiedene sogenannte Verkarstungserscheinungen zeigen. Hierzu gehören z.B. erweiterte Klüfte (häufig lehmgefüllt) oder Hohlraumbildung (Karsthöhlen, luft- wasser- oder lehmgefüllt). Die Tonmergelsteine des Lettenkohlenkeuper sind hiervon ebenfalls betroffen.

Geschieht die Auslaugung rein unterirdisch, so spricht man von Subrosion. Solche Hohlräume können nach oben durchbrechen bzw. kollabieren (sog. Subrosionsbrekzien) und zu Erdfällen führen. Auch oberflächennah können so genannten Einsturzbrekzien entstehen (siehe Kap. Geoelektrik).

Von einem Erdfall spricht man, wenn eine plötzliche Absackung im Gelände erfolgt und eine zylindrische Form mit senkrechter Abbruchwand entsteht. Dolinen entstehen durch eine langsame Sackung, in der ein Hohlraum durch fortschreitende Auslaugung mit der Zeit in Tiefe und Breite wächst.

Der Anlagenstandort WEA 09 befindet sich laut geologischer Karte im Bereich von Einbruchrümmermassen

Grundwasser

Innerhalb des geländenahen und bauwerksrelevanten Untergrundes wird **kein zusammenhängender Grundwasserspiegel** erwartet. Dennoch können lokale Grundwasserführungen in Bodenpartien durchlässiger Lockergesteine (auch verwitterte Festgesteine) nicht ausgeschlossen werden. Diese treten in Abhängigkeit des jahreszeitigen Klimaverlaufes in Form von **Schicht-** bzw. **Sickerwasser** auf. Des Weiteren können sich innerhalb bindiger Horizonte **Stauwässer** einstellen.



5 Baugrunderkundung

5.1 Erkundungsprogramm

Zur Erzielung eines **orientierenden** Überblickes über die tatsächlichen Boden- und Bodenwasserverhältnisse im Lasteinwirkungsbereich der Standorte, der Zuwegungen und Kranstellflächen und als Grundlage für die **Vorbeurteilung** der Gründung wurde am 17. und 23.01.2023 auftragsgemäß ausgeführt:

10 Rammkernsondierungen Ø 36 - 80 mm

(Kurzbezeichnung: je Standort jeweils **RKS 1** bis **RKS 5**)

nach DIN 4020 bzw. DIN EN ISO 14688,

6 dynamische Rammsondierungen (DPH)

(Kurzbezeichnung: je Standort jeweils **DPH 1** bis **DPH 3**)

nach DIN 4094 bzw. DIN EN ISO 22476-2.

Der Lageplan in **Anlage 1** zeigt die Anordnung der Erkundungs- und Prüfstellen.

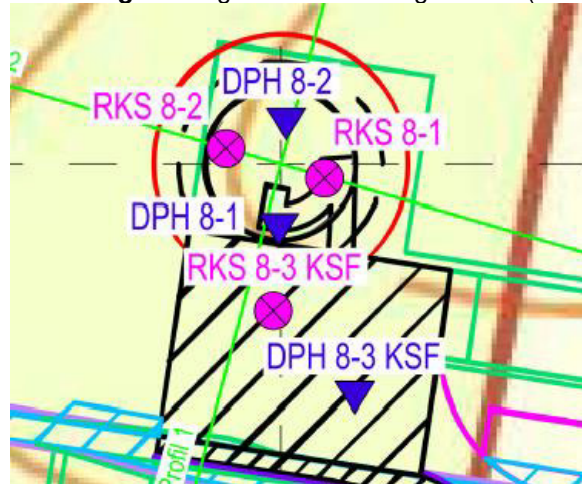
Die Höheneinmessung ist auf **m ü. NHN** erfolgt.

5.2 Erkundeter Bodenaufbau "unmittelbare Aufstellungsorte"

Das im Verlauf der Erkundungsarbeiten an den unmittelbaren Aufstellungsorten der Anlagen angetroffene Bodenprofil wurde ingenieurgeologisch detailliert aufgenommen. Nachfolgend werden die Profilaufnahmen wiedergegeben.

Standort WEA 08

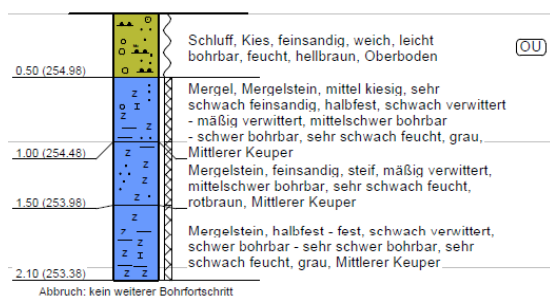
Abbildung 2a: Lage der Erkundungsstellen (RKS)



Abbildungen 2b und 2c: Profilbalkendarstellung der Rammkernsondierungen

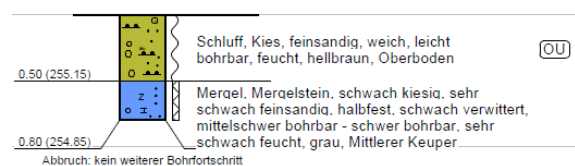
WEA 8 - RKS 1

255,48 m



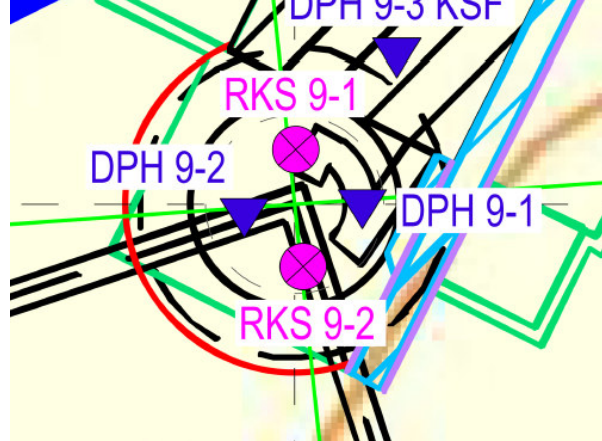
WEA 8 - RKS 2

255,65 m



Standort WEA 09

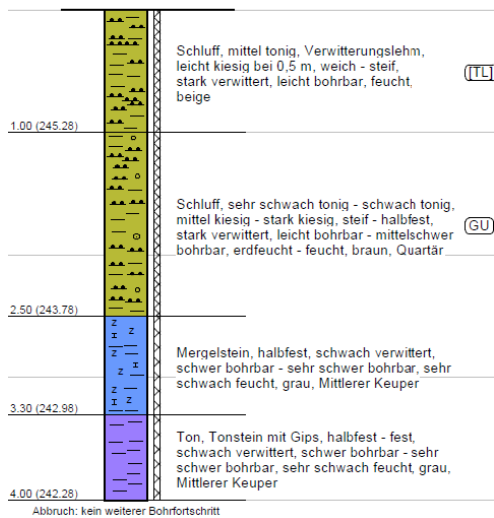
Abbildung 3a: Lage der Erkundungsstellen (RKS)



Abbildungen 3b und 3c: Profilbalkendarstellung der Rammkernsondierungen

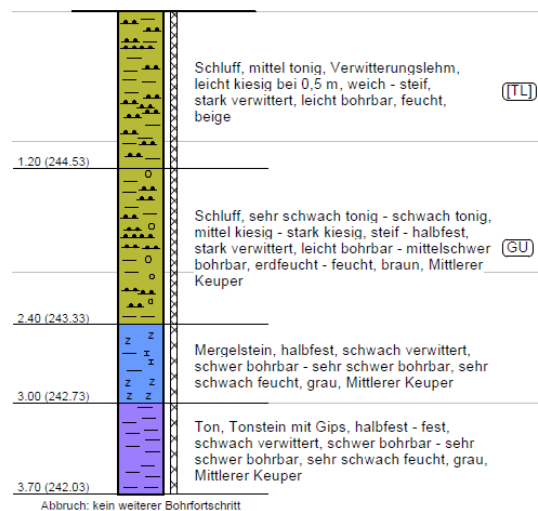
WEA 9 - RKS 1

246,28 m



WEA 9 - RKS 2

245,73 m





Zusammenfassend ergibt sich folgender Erkundungsbefund:

Standort WEA 08: Unter dünnmächtiger Oberbodenbedeckung aus humos durchsetztem kiesigem Schluff folgt das Verwitterungsgestein des Mittleren Keuper. Zunächst tritt Mergel - Mergelstein in Erscheinung, welches kiesig und sehr schwach feinsandig zusammengesetzt ist. Das plastifizierte Bodenmaterial ist als halbfest beschrieben worden. Nach wenigen Dezimetern wechselt der Untergrund in ebenfalls plastifizierten feinsandigen Mergelstein und zeigte steife Beschaffenheit. Den Abschluss bildet schwach verwitterter und halbfest bis fester Mergelstein. Bereits bei 0,8 bzw. 2,1 m nimmt die Festigkeit derart zu, dass gerätebedingt eine weitere Tieferführung nicht mehr zu erreichen war.

Standort WEA 09: Im Bereich dieses Standortes fehlt die Oberbodenbedeckung. Stattdessen wurde Verwitterungslehm aus tonigem und sehr schwach kiesigem Schluff in weich bis steifer Konsistenz angetroffen. Ab Tiefe von 1,0 bzw. 1,2 m unter GOK nimmt der Kiesanteil stark zu, gleichzeitig wurde eine Konsistenzzunahme zu steif bis halbfest registriert. Bei 2,4 bzw. 2,5 m ist die Schicht begrenzt und anschließend wird wieder halbfester Mergel beschrieben. Ein Schichtwechsel findet nochmal in Tiefe von 3,0 bzw. 3,3 m statt. Der Aufschluss beschreibt hier Ton und Tonstein mit Gips und in halbfester bis fester Erscheinungsform. Bei Tiefe von 3,7 bzw. 4,0 m wurde die maximal durchdringbare Erkundungstiefe erreicht.

Separate Darstellungen der aufgenommenen Bohrprofile sind den beigefügten **Anlagen 2.1, 2.2, 2.6 und 2.7** dargestellt.

Die Prüfung der erkundeten Bodenschichten hinsichtlich Organoleptik ergab kein Verdachtsmoment.

5.3 Bodenwasserverhältnisse

Im Verlauf der Erkundungsarbeiten wurde festgestellt:

Freies Grundwasser konnte bis zur Endteufe der Bohraufschlüsse nicht angetroffen werden.

In den Bodenschichtabfolgen zeigte sich nach sensitiver Wahrnehmung eine "sehr schwach feuchte" und vereinzelt "erdfeuchte bis "feuchte" Beanspruchung.

Prinzipiell ist darauf hinzuweisen, dass es sich um eine aktuelle Feststellung zum Zeitpunkt der Erkundungsarbeiten handelt. Langzeitmessungen liegen nicht vor.



Im Verlauf länger anhaltender niederschlagsreicher Zeiten oder Schneeschmelzen ist mit einer Anreicherung aus dem umliegenden Einzugsgebiet zu rechnen.

Hierdurch können in Schichtabschnitten sowohl überhöhte Bodenfeuchte als auch lokale Schichtwasserleiter bzw. -ansammlungen auftreten. Bei der Beurteilung der bodenhydrologischen Gegebenheiten sollte zudem beachtet werden, dass der quartäre Lehm und der verlehnte Verwitterungshorizont des Keupers wasserstauende Eigenschaften aufweist. Versickernde Niederschlagswässer werden dadurch an einer raschen Abführung in die tieferen Untergrundzonen behindert.

Langfristige Aussagen der bodenhydrologischen Verhältnisse können nur nach Herstellung von verrohrten Messpegeln bzw. -brunnen erfolgen. Die u.s. Empfehlungen sind daher vorbehaltlich einer eingehenderen und langfristigeren Grundwasserbeobachtung zu sehen.

5.4 Labortechnische Untersuchungen

Neben den feldgeologischen Arbeiten sind im Labor an ausgewählten Bodenproben natürliche Wassergehalte nach DIN 18121 / DIN EN ISO 17892-1 bestimmt worden.

Die Bestimmung des Wassergehaltes erfolgt durch Ofentrocknung und durch Wiegen der Proben vor und nach dem Trocknen bei 105°C. Das Trocknen wird so lange fortgesetzt, bis sich die Masse der Proben nicht mehr ändert. Die getrocknete Probe wird in einen Exsikkator gestellt und nach Abkühlen auf Raumtemperatur gewogen. Der Wassergehalt ist das Verhältnis der Masse des Wassers zur Masse des trockenen Bodens. Er dient als Hilfsgröße bei der Auswertung anderer bodenmechanischer Versuche wie z.B.:

- Bestimmung der Konsistenz
- Proctorversuch - Verdichtbarkeit
- Kontrolle der Verdichtung

Der natürliche Wassergehalt w_n für die untersuchten Proben beträgt:

Standort	Entnahme aus Bohrung	Entnahmetiefe m u. GOK	Bodengruppe nach DIN 18196	sensorische Einstufung der Konsistenz / Lagerung *	Wassergehalt w_n %
WEA 08	RKS 1	1,00 - 1,70	Mergelstein	steif bis fest	7,56
WEA 09	RKS 1	0,50 - 1,00	TL	weich bis steif	23,99
WEA 09	RKS 1	1,50 - 2,00	GU	steif bis halbfest	21,97
WEA 09	RKS 1	2,50 - 3,00	Mergelstein	halbfest	14,44
WEA 09	RKS 1	3,30 - 4,00	Tin, Tonstein	halbfest bis fest	14,95



Tabelle 3: Natürliche Wassergehalte

* = während der Erkundungsarbeiten

Nach dem Befund der Wassergehaltsbestimmung beschreiben die untersuchten Proben in Abhängigkeit ihres bodenarttypischen Wasserbindevermögens eine normale (erdfeuchte) bis leicht überhöhte Feuchtebeanspruchung. Überhöht feuchte Proben wurden rot markiert.

5.5 Dynamische Widerstandsmessungen "unmittelbare Aufstellungsorte"

Zur Bestimmung der dynamischen Eindringwiderstände und zur Bestätigung der sensitiven Bodenansprache wurden an den unmittelbaren Aufstellungsorten der Anlagen zusätzlich Rammsondierungen mit der dynamischen (schweren) Rammsonde (DPH) nach DIN EN ISO 22476-2 ausgeführt.

Bei der Rammsondierung wird der Eindringwiderstand einer Sondierspitze genormten Durchmessers gemessen, die mit einer definierten Rammenergie (Fallhöhe und Fallgewicht) senkrecht in den Untergrund gerammt wird. Hierbei wird die Anzahl der Schläge des Fallgewichtes pro 10 cm Eindringung (N_{10}) mit vorgegebener Fallhöhe gezählt.

Die Ergebnisse werden als Widerstandslinie in einer Stufengrafik dargestellt.

Die Auswertung der Rammsondierung erfolgt unter Beachtung der allgemeinen Grundsätze der DIN EN ISO 22476-2 auf der Grundlage einer Gegenüberstellung von Schlagzahlbereichen und Lagerungsdichte bei grobkörnigen Böden und von Schlagzahlbereichen und Konsistenz bei feinkörnigen Böden.

Bei der Auswertung wird nach PRINZ / STRAUSS, (2017), Tabelle 4.8 berücksichtigt:

Konsistenz	DPH N_{10}
weich	2 - 5 (4)
steif	(4) 5 - 9 (8)
halbfest	(8) 9 - 17
fest	>17

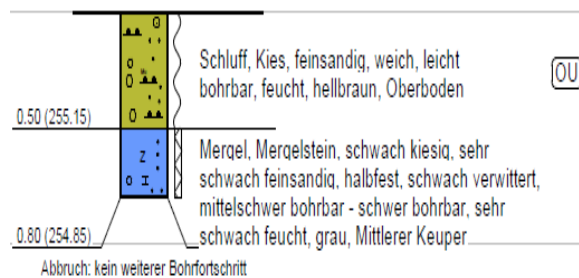
Tabelle 3: Einteilung Konsistenz nach Schlagzahlen der schweren Rammsonde

Nachfolgend wird das Ergebnis der Prüfstellen wiedergegeben.

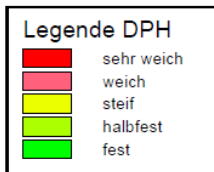
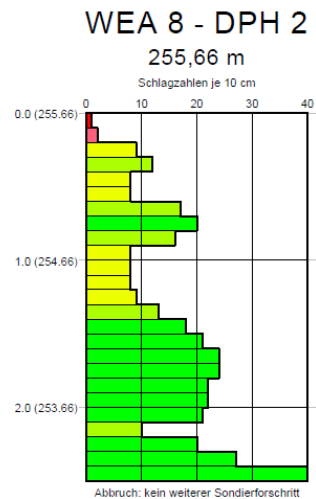
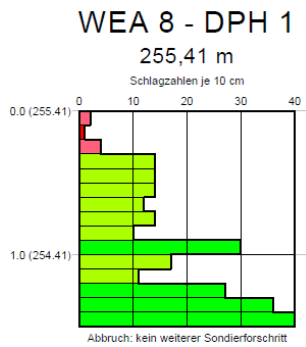
Standort WEA 08

Abbildung 4a: Lage der Prüfstellen (DPH)
WEA 8 - RKS 2

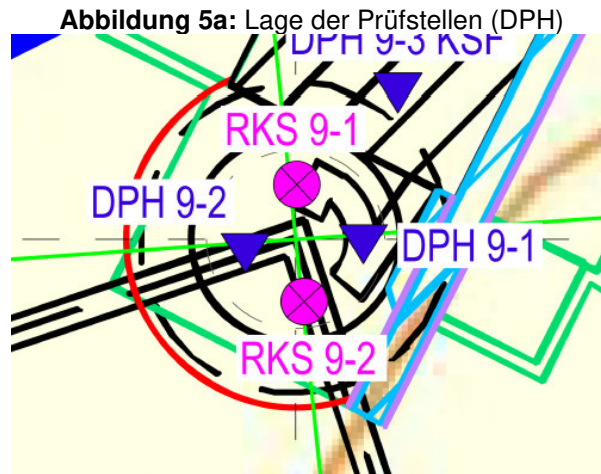
255,65 m



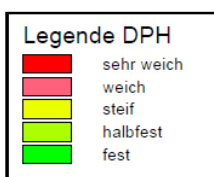
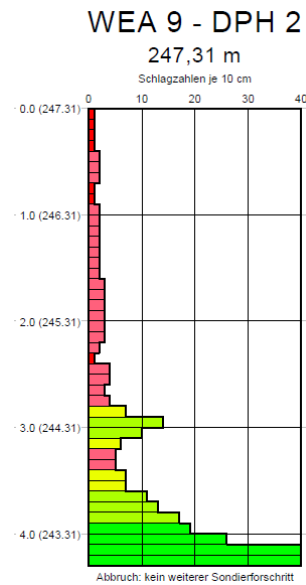
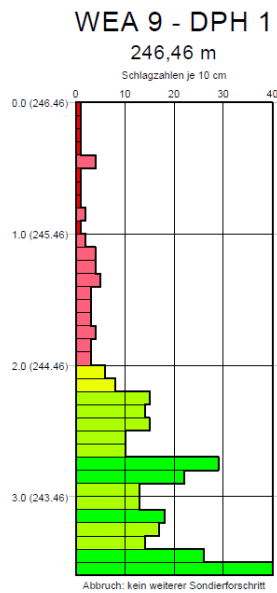
Abbildungen 4b und 4c: Widerstandslinien der Prüfstellen



Standort WEA 09



Abbildungen 5b und 5c: Widerstandslinien der Prüfstellen





Interpretation des Prüfbefundes:

Standort WEA 08: Der Prüfbefund belegt, dass der geländenahe Untergrund erwartungsgemäß durch geringe bis mäßige Steifigkeit geprägt ist. Durchdrungen werden hier der Oberboden und die lehmigen Mergel. Ab Tiefe von 1,2 / 1,4 m folgt eine deutliche Zunahme der Eindringwiderstände und Ableitung signifikant besserer Steifigkeit. Mit dem Übergang in Mergelstein ist von halbfesten bis festen Verhältnissen auszugehen. Ab Tiefe von 1,5 / 2,5 m unter GOK trifft die Sonde auf fest - harte Vortriebswiderstände, so dass eine weitere Tieferführung bei Erreichen der Geräteauslastungsgrenze nicht mehr möglich war. Es dürfte daher mit einem Übergang in felsige Gesteinsstrukturen zu rechnen sein.

Standort WEA 09: Die Verhältnisse stellen sich an diesem Standort ungünstiger dar. Bis zur Tiefe von 2,0 bis 3,4 m unter GOK ist der hier anstehende quartäre Lehm gering steif. Die kaum messbaren Eindringwiderstände deuten auf das Vorliegen sehr weicher bis weicher Böden. Darunter folgt plastifizierter Mergelstein, welcher eine Zunahme der Steifigkeit in den Grenzen zwischen steif und fest aufweist. Ein weiterer Schichtwechsel findet in Tiefe von ca. 3,5 / 4,0 m statt. Hier tritt festgelagerter Untergrund in Erscheinung, der von Ton und Tonstein gebildet wird. Nach wenigen Dezimetern Tiefengewinn konnte im Basisbereich kein nennenswerter Rammfortschritt mehr erzielt werden.

Die **Anlagen 3.1, 3.2, 3.4 und 3.5** zeigen nochmal in separaten und vollständigen Darstellungen die Widerstandslinien.

5.6 Geophysikalische Messungen

Zur Untersuchung möglicher Beeinträchtigungen des Baugrundes durch Verkarstung oder Erdfälle wurden an den Standorten geophysikalische Widerstandssondierungen durchgeführt. Das Ergebnis liegt bereits mit der Ingenieurgeophysikalischen Stellungnahme vom 25.01.2023 vor.

Zusammenfassend hatte sich gemäß dem Befund ergeben:

Durch die geoelektrischen Widerstandsmessungen konnte die geologische Situation an den Standorten weiter aufgeklärt werden. Danach ergab sich bis zur erkundeten Tiefe von maximal 22 m unter GOK ein ein- bis vierschichtiger geologischer Aufbau.

Standort WEA 08: Im Hangenden Oberboden, Schluff, Ton, steinig / kiesig (Mergelstein verwittert). Im Liegenden ab Tiefe von maximal 3 m Mergel- und

Tonmergelstein (Wechsellagerung). Dieser kann bis in eine Tiefe von ca. 22 m beobachtet werden.

→ keine Störungen / Klüfte oder weitere geologische Besonderheiten.

Standort WEA 09: Im Hangenden Oberboden, Schluff, Ton, steinig / kiesig. Eine leicht erhöhte Lockergesteinsbedeckung (Verwitterungslehm) wird im südlichen und westlichen Bereich des Fundamentdurchmessers erwartet. Im Liegenden ab Tiefe von ca. 3 m Mergel / Tonmergelstein teils mit Gips.

→ keine Störungen / Klüfte oder weitere geologische Besonderheiten.

5.7 Charakteristische Bodenkennwerte

Bis zur **maximalen Tiefe der Erkundungsstellen** werden die angetroffenen Bodenschichten hinsichtlich ihrer wahrscheinlichen Kennwerte abgeleitet und sind **Mittelwerte**. Die Kennwerte der Tabelle gelten für den natürlichen, d.h. ungestörten Zustand.

Bodenschicht	Wichte γ / γ' kN / m ³	Reibungs- winkel φ' Grad	Steife- modul E_s kN / m ²	Kohäsion c' / c_u kN / m ²
Schluff, humos (Oberboden)	17,0 / 7,0	17,5	kein Lastboden	0,0 / 10,0
Schluff	19,5 / 9,5	22,5	5.000	2,0 / 15,0
Mergel, Mergelstein	20,5 / 10,5	30,0	40.000	2,0 / 10,0
Mergelstein	21,0 / 11,0	35,0	80.000	0,0 / 0,0
Ton, Tonstein	22,0 / 12,0	35,0	80.000	5,0 / 25,0

Tabelle 4: Charakteristische Bodenkennwerte

5.8 Bautechnische Einteilung

Nach den örtlichen Feststellungen ist der angrenzende Untergrund bis zur maximalen Erkundungstiefe für bautechnische Zwecke wie folgt einzuordnen:

Bodenschicht	Boden- gruppe DIN 18196	Klassifikation DIN 18196	Boden- klasse DIN 18300	Homogen- bereich "Erdarbeiten" *)	Frost- empfindlichkeit ZTVE-StB
Schluff, humos (Oberboden)	OU	organogene Böden	1	A	F 2
Schluff	TL, GU	bindige, feinkörnige und schwach bindige, gemischt- körnige Böden	3 + 4 - bei erhöhter Feuchtean- reicherung Übergang in BKL 2 möglich	B	F 2 + F 3
Mergel, Mergelstein	----	----	6	C	F 3
Mergelstein	----	----	6	C	F 3
Ton, Tonstein	----	----	6	C	F 3

Tabelle 5: Bautechnische Einteilung

*) Vorschlag - ohne VOB-verbindlichen Charakter

Erläuterungen zu den Einteilungen

➤ Bodengruppen (DIN 18196)

- **GE:** enggestufte Kiese **GW** weitgestufte Kies - Sand - Gemische **GI:** intermittierend gestufte Kies - Sand - Gemische
- **SE:** enggestufte Sande **SW** weitgestufte Sand - Kies - Gemische **SI:** intermittierend gestufte Sand - Kies - Gemische
- **GU bzw. GU*:** Kies - Schluff - Gemische **GT bzw. GT*:** Kies - Ton - Gemische
- **SU bzw. SU*:** Sand - Schluff - Gemische **ST bzw. ST*:** Sand - Ton - Gemische
- **UL:** leicht plastische Schluffe **UM:** mittelplastische Schluffe **UA:** ausgeprägt plastische Schluffe
- **TL:** leicht plastische Tone **TM:** mittelplastische Tone **TA:** ausgeprägt plastische Tone
- **OU:** Schluffe mit organischen Beimengungen **OT:** Tone mit organischen Beimengungen
- **OH:** grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art **HN:** nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus)
- **HZ:** zersetzte Torfe **A:** Auffüllungen

➤ Bodenklassen (DIN 18300 und VOB "Erdarbeiten"):

- **Bodenklasse 1:** Oberboden (Mutterboden) - oberste Bodenschicht, die neben anorganischen Stoffen auch Humus und Bodenlebewesen enthält.
- **Bodenklasse 2:** Fließende Bodenarten - von flüssiger bis zähflüssiger Beschaffenheit, die das Wasser schwer abgeben.
- **Bodenklasse 3:** Leicht lösbare Bodenarten - nicht bindige bis schwach bindige Sande, Kiese, und Sand - Kies - Gemische mit bis zu 15 Gewichtsprozent Beimengungen an Schluff und Ton und mit höchstens 30 Gew.-% Steinen über 63 mm Korngröße und bis zu 0,01 m³ Rauminhalt. Organische Bodenarten mit besserer als breiiger Konsistenz sowie Torfe.

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG

Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen
Geophysik & Geotechnik



- **Bodenklasse 4:** Mittelschwer lösbbare Bodenarten - Gemische von Sand, Kies, Schluff und Ton mit einem Anteil von mehr als 15 Gew.-%, sowie bindige von leichter bis mittlerer Plastizität und höchstens 30 Gew.-% Steine von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt.
- **Bodenklasse 5:** Schwer lösbbare Bodenarten - Bodenarten nach den Bodenklassen 3 und 4, jedoch mit mehr als 30 Gew.-% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt. Ebenso nicht bindige und bindige Bodenarten mit höchstens 30 Gew.-% Steinen von über 0,01 m³ bis 0,1 m³ Rauminhalt sowie ausgeprägt plastische Tone, die je nach Wassergehalt weich bis fest sind.
- **Bodenklasse 6:** Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt haben, jedoch stark klüftig, brüchig, bröckelig, schiefrig, weich oder verwittert sind, sowie vergleichbare verfestigte bindige und nicht bindige Bodenarten, wie sie z.B. durch Austrocknen, Gefrieren oder chemischen Bindungen hervorgerufen werden; nicht bindige und bindige Bodenarten mit mehr als 30 Gew.-% Steinen von über 0,01 m³ bis 0,1 m³ Rauminhalt.
- **Bodenklasse 7:** Schwer lösbarer Fels - Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt und hohe Gefügesteifigkeit haben und die nur wenig klüftig oder verwittert sind. Festgelagerter, unverwitterter Tonschiefer, Nagelfluhschichten, Schlackenhaldden der Hüttenwerke sowie dergleichen.

➤ **Homogenbereiche (DIN 18300 (2015) und VOB / C "Erdarbeiten"):**

- **Definition:** Gemäß ATV DIN 18304 (2012) sind Boden und Fels in Homogenbereiche (Schichteneinteilung) einzuteilen. Ein Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich aus einer oder mehreren Boden- und Felsschichten nach DIN 4020 und DIN EN 1997, T. 2, dessen bautechnische Eigenschaften eine definierte Streuung aufweisen und sich von den Eigenschaften der abgegrenzten Bereiche abheben.
- Die DIN 18300 (2012) wurde zurückgezogen - die Einteilung in Bodenklassen (bisher 1 - 7) entfällt.

➤ **Frostempfindlichkeit (ZTVE - StB):**

- **Frostempfindlichkeitsklasse F1:** nicht frostempfindlich
- **Frostempfindlichkeitsklasse F2:** gering bis mittel frostempfindlich
- **Frostempfindlichkeitsklasse F3:** sehr frostempfindlich

Hinweis: Die Abschätzung der Werte für die Homogenbereiche erfolgt auf Grundlage der durchgeführten Untersuchungen und der Erfahrung aus Projekten mit ähnlichen / vergleichbaren Böden sowie auf Grundlage von Literatur- und Tafelwerten. Die Angabe der nach DIN 18300 vorgesehenen Kennwerte für die Homogenbereiche ist mit entsprechender Genauigkeit und Aussagekraft nur auf der Grundlage eines entsprechenden Umfangs an Feld- und Laboruntersuchungen möglich.

Homogenbereich A: Mutterboden / Oberboden

Die ATV DIN 18300 gilt nicht für Oberbodenarbeiten und Rodungsarbeiten sowie den Schutz von Bäumen, Pflanzenbeständen und Vegetationsflächen (siehe ATV DIN 18915 / DIN 18320 - "Landschaftsbauarbeiten") Umweltrelevante Inhaltsstoffe sind zu beachten.

Hinweis: Bei den Erkundungsarbeiten wurden in der oberflächennahen Bodenzone organogene Böden bzw. sog. Oberböden festgestellt. Diese sind im Sinne des § 202 BauGB unter Berücksichtigung einschlägiger fachlicher Grundsätze, hier u.a. DIN 18915 / DIN 19731, von der Fläche abzutragen und bis zur bodenfunktional - gleichwertigen Verwendung zwischenzulagern oder sofort kulturfähig zu verwerten. Für den Oberboden ist im Sinne der §§ 7 und 8 KrWG eine kulturfähige Verwertung vorzusehen. Sofern diese nicht innerhalb der Maßnahme erfolgt, ist die stoffliche Eignung nach § 12 (3) BBodSchV analytische nachzuweisen.

5.9 Durchlässigkeit und Versickerungsfähigkeit

Zur Beurteilung der hydraulischen Leitfähigkeit (= Wasserdurchlässigkeit) des Untergrundes ist es notwendig, den k_f - Wert (so genannter "Durchlässigkeitsbeiwert") zu bestimmen.

Für die Bodenschichten bis in maximale Tiefe des Erkundungsaufschlusses werden die Durchlässigkeiten nach Erfahrung wie folgt angegeben:

Bodenschicht	k_f - Wert m / s	Durchlässigkeit nach DIN 18130
Schluff, humos (Oberboden)	10^{-5} - unter 10^{-6}	durchlässig bis schwach durchlässig
Schluff	unter 10^{-6} - unter 10^{-8}	schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig
Mergel, Mergelstein	unter 10^{-8}	sehr schwach durchlässig
Mergelstein	unter 10^{-8}	sehr schwach durchlässig
Ton, Tonstein	unter 10^{-8}	sehr schwach durchlässig

Tabelle 6: Abschätzung Durchlässigkeit

Nach der Einteilung ist der Untergrund maßgeblich durch sehr geringe Durchlässigkeit gekennzeichnet.

Die quartären Lehme und die oftmals verlehnten Anteile der Verwitterungsbildungen des Keupers besitzen wasserstauende Eigenschaften. Dies gilt ohnehin für die sehr dicht gelagerten Felsgesteine. Der anstehende Untergrund verhindert somit eine rasche Durchsickerung von zutretenden Wässern.

5.10 Erdbebensicherheit

Nach DIN EN 1998-1 / NA: 2011-01 und der aktuellen zugehörigen "Karte der Erdbebenzonen in der Bundesrepublik Deutschland" gehört die Umgebung zu **keiner Erdbebenzone**.

5.11 Bauchemische Bodenanalyse

Während den Erkundungen wurden keine freien Wasserführungen angetroffen. Auftragsgemäß wurde daher für die Untersuchung auf betonaggressive Stoffe die Bodenaggressivität nach DIN 4030 bestimmt.

Analysiert wurde je Standort eine Mischprobe aus dem Kernrohrgewinn der Rammkernsondierungen.

Die Probenentnahme und Analytik erfolgten auf der Grundlage:

- Norm Entwurf **DIN 4030-1**, Ausgabe: 2006-09
Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase - Teil 1: Grundlagen und Grenzwerte
- Norm-Entwurf **DIN 4030-2**, Ausgabe: 2006-09
Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase
Teil 2: Entnahme und Analyse von Wasser- und Bodenproben

Die folgende Tabelle gibt die Grenzwerte zur Einordnung des Angriffsgrads nach DIN 4030 an (Tabelle entnommen aus Baustoffchemie,.. Springer Verlag, Tab. 4.38)

Tabelle 4.38: Angreifende Bestandteile in Wässern zur Einordnung des chemischen Angriffs (DIN 4030 und EN 206)

Angreifende Bestandteile	Prüfverfahren	Angriffsgrad (Expositionsklasse)		
		Schwach (XA1)	Mäßig (XA2)	Stark (XA3)
Grundwasser				
pH-Wert	ISO 4316 DIN 4030-2	≤ 6,5 und ≥ 5,5	< 5,5 und ≥ 4,5	< 4,5 und ≥ 4,0
Kalklösendes CO ₂ in $\frac{mg}{l}$	DIN 4030-2	≥ 15 und ≤ 40	> 40 und ≤ 100	> 100 bis Sättigung
Ammonium NH ₄ ⁺ in $\frac{mg}{l}$	ISO 7150-1 ISO 7150-2 oder DIN 4030-2	≥ 15 und ≤ 30	> 30 und ≤ 60	> 60 und ≤ 100
Magnesium Mg ²⁺ in $\frac{mg}{l}$	ISO 7980 oder DIN 4030-2	≥ 300 und ≤ 1 000	≥ 1 000 und ≤ 3 000	> 3 000 bis Sättigung
Sulfat SO ₄ ²⁻ in $\frac{mg}{l}$	DIN EN-196-2 DIN 4030-2	≥ 200 und ≤ 600	> 600 und ≤ 3 000	> 3 000 und ≤ 6 000
Boden				
Säuregrad des Bodens in $\frac{ml}{kg}$	DIN 4030-2	> 200 Baumann-Gully	In der Praxis nicht anzutreffen	
Sulfat in $\frac{mg}{kg}$ insgesamt	DIN EN 196-2	≥ 2 000 und ≤ 3 000	> 3 000 und ≤ 12 000	> 12 000 und ≤ 24 000

Tabelle 7a: Grenzwerttabelle nach DIN 4030

Für die Beurteilung des Betonangriffs ist der höchste Angriffsgrad maßgebend. Liegen wenigstens zwei Werte im oberen Viertel eines Bereichs, so erhöht sich der Angriffsgrad um eine Stufe.

Das Ergebnis der Analytik ist in der **Anlage 4** beigefügt. Der Analysebefund hat folgendes Ergebnis bestimmt:

Parameter	WEA 08	WEA 09
SO ₄	426 mg / kg	396 mg / kg
Säuregrad nach Baumann - Gully	18 ml / kg	23 ml / kg

Tabelle 7b: Ausgewählte Vorgaben der DIN 4030 für betonangreifende Stoffe im Boden.

Unter Berücksichtigung der Beurteilungskriterien der DIN 4030 werden die untersuchten Proben als **nicht angreifend** beurteilt. Die ermittelten Werte sind ergänzend vom Betonlieferanten hinsichtlich der erforderlichen Betonrezeptur zu beurteilen.

6 Ingenieurgeologische Beratung

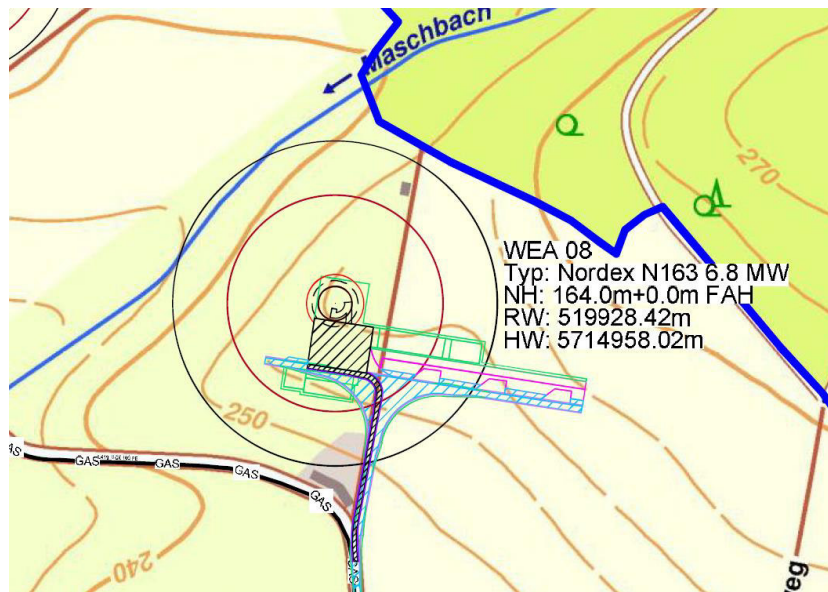
6.1 Planungsvorgaben

Das aktuelle Planungsvorhaben sieht die Aufstellung von zwei Windenergieanlagen vor. Vorgesehen sind die Anlagen und Anlagensysteme:

- **WEA 08** → **NORDEX N-163 6.8 MW mit 164 m Nabenhöhe**
- **WEA 09** → **NORDEX N-163 6.8 MW mit 118 m Nabenhöhe**

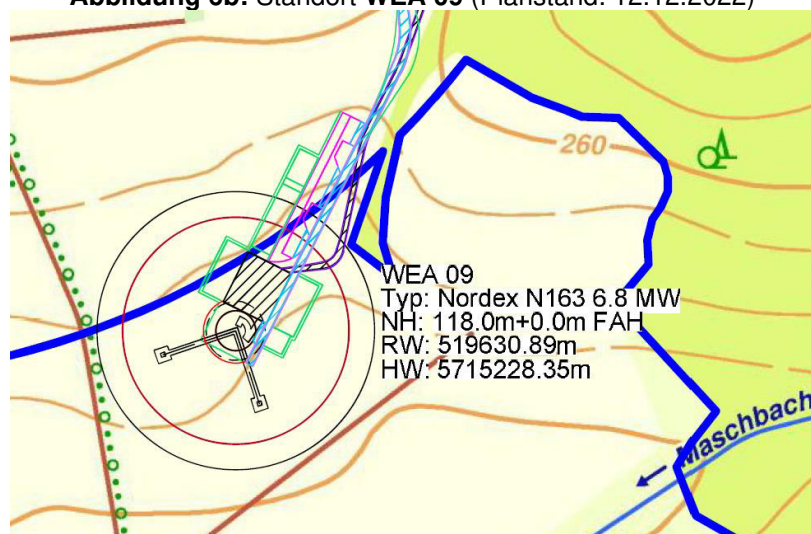
Nachstehende Abbildungen zeigen die planungsgemäße Anordnung der Standort -
Baufläche.

Abbildung 6a: Standort **WEA 08** (Planstand: 12.12.2022)



Quelle: Bauherr

Abbildung 6b: Standort **WEA 09** (Planstand: 12.12.2022)



Quelle: Bauherr

Auf der Grundlage der vom Bauherrn zur Verfügung gestellten Unterlagen:

Standort WE 08

- **Allgemeine Dokumentation Fundamente N163 / 6.X TCS164**, Rev. 02 / 17.08.21, UKA Meißen Projektentwicklung GmbH & Co. KG

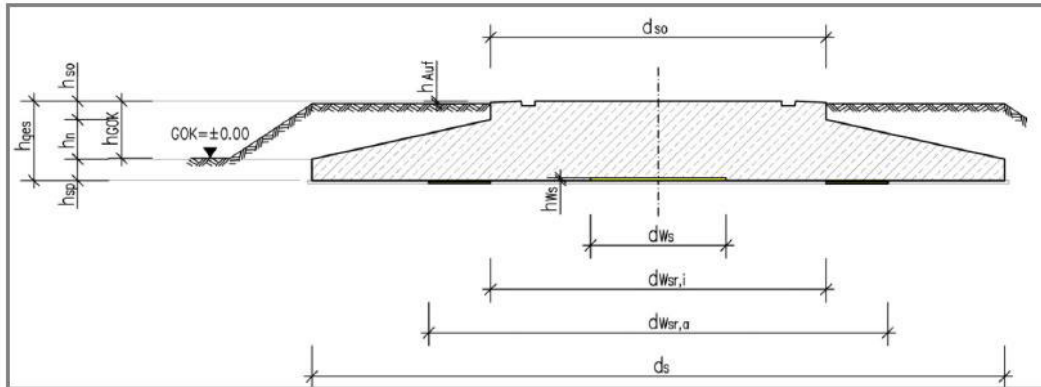
Standort WE 09

- **Allgemeine Dokumentation Fundamente N163 / 6.X TS118-03**, Rev. 01 / 09.12.2021, UKA Meißen Projektentwicklung GmbH & Co. KG

erhalten die standardisierten Fundamente folgenden Querschnitt:

Standort WE 08

Abbildung 7a: Schematische Darstellung exemplarisches Fundament



Quelle: NORDEX Energy SE & Co. KG, Hamburg

$d_s = 25,50 \text{ m}$ (Außendurchmesser)

$d_{so} = 10,90 \text{ m}$ (Sockeldurchmesser)

$d_{ws} = 4,40 \text{ m}$ (Weichschichtdurchmesser)

$d_{wsr,i} = 10,90 \text{ m}$ (Innere Weichschichtsringdurchmesser)

$d_{wsr,a} = 14,90 \text{ m}$ (Äußere Weichschichtsringdurchmesser)

$h_{ges} = 2,80 \text{ m}$ (Fundamenthöhe)

$h_{sp} = 0,70 \text{ m}$ (Spornhöhe)

$h_n = 1,50 \text{ m}$ (Spornneigungshöhe)

$h_{so} = 0,60 \text{ m}$ (Sockelhöhe)

$h_{GOK} = 1,92 \text{ m}$ (Abstand Fundamentoberkante - Grundoberkante)

$h_{Auf} = 0,10 \text{ m}$ (Abstand Fundamentoberkante - Überschüttungoberkante)

$h_{ws} = 0,05 \text{ m}$ (Weichschichtdicke)

Quelle: NORDEX Energy SE & Co. KG, Hamburg

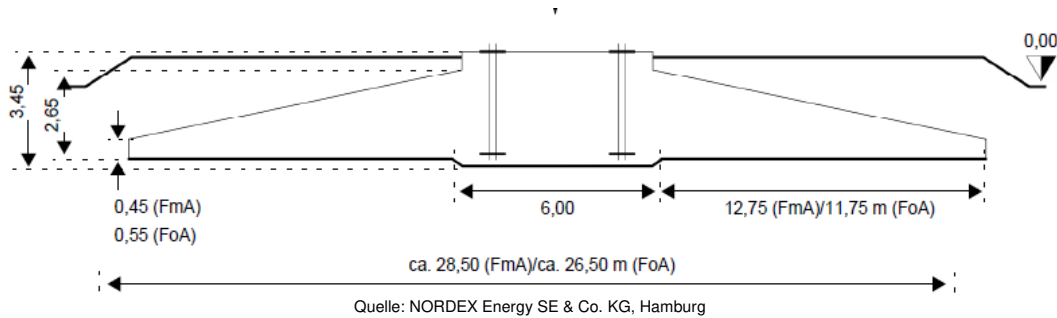
Unter dem inneren Bereich wird eine Weichschicht mit einem Durchmesser von $d_{ws} = 4,40 \text{ m}$ angeordnet. Das Fundament wirkt dadurch als **Kreisringplatte**.

Grundwasserstand max. in Oberkante Gelände.

Die **Einbindetiefe** für die Flachgründung ist gem. der o.g. Spezifikation mit $0,70 \text{ m}$ unter GOK festgelegt. Hinzu kommt eine Sauberkeitsbetonschicht von mind. $d = 0,10 \text{ m}$, so dass die **effektive Fundamenteinbindung bei $0,80 \text{ m}$ unter Gelände** liegen wird.

Standort WE 09

Abbildung 7b: Darstellung Typenfundament



Aufgrund der örtlichen Bedingungen muss ein "auftriebssicheres" Fundament hergestellt werden.

Grundwasserstand max. in Oberkante Gelände.

Die **Einbindetiefe** unterhalb der Geländeoberkante (GOK = 0,00 m) für die Flachgründung ist gem. der o.g. Spezifikation noch nicht exakt festgelegt. Nach Auskunft des Anlagenherstellers wird mit der Fertigstellung der standardisierten Typenplanung im April 2023 gerechnet.

Die effektive Fundamentunterkante (UK. Betonsauberkeitsschicht) kommt an den Standorten zu liegen:

Anlage	Oberkante Gelände am Anlagenmittelpunkt m ü. NHN	Einbindetiefe (einschl. Betonsauber- keitsschicht) m	Unterkante Fundament m ü. NHN
WEA 08	255,45	0,80	254,65
WEA 09	246,01	liegt noch nicht vor	-----

Tabelle 8: Geländehöhen am Anlagenmittelpunkt, Einbindetiefen und Unterkante Betonsauberkeitsschicht

Im Hinblick auf die +/- ebene topografische Oberflächensituation am unmittelbaren Standortbereich der Anlagen wird im Zuge der Umsetzung des Bauvorhabens mit keinen nennenswerten Geländeänderungen gerechnet.

6.2 Geotechnische Rahmenbedingungen (Zusammenfassung)

Die Anlagen kommen jeweils auf einer landwirtschaftlichen Nutzfläche zur Aufstellung. Das umgebende Gelände im Nahfeld besitzt eine +/- ebene Oberfläche.

Die geotechnischen Rahmenbedingungen wurden im Zuge der orientierenden ingenieurgeologischen Voruntersuchungen mit kleinkalibrigen Rammkernsondierungen und dynamischen (schweren) Rammsondierungen punktuell erkundet.

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG

Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen
Geophysik & Geotechnik



Im Hinblick auf die Möglichkeit von Verkarstungserscheinungen mit der Gefahr des Entstehens von erweiterten Klüften oder Hohlräumen wurden zur Klärung zusätzlich geophysikalische Messungen durchgeführt.

In den vorhergehenden Abschnitten wurden die Ergebnisse der bodenkundlichen Feststellungen beschrieben. Im Folgenden werden die geotechnischen Rahmenbedingungen zusammenfassend wiedergegeben.

Standort WEA 08

**Niveau effektive
Fundamenteinbindung geplant
(UK Betonsauberkeitsschicht):**

254,65 m ü. NHN

**Untergrund ab
Fundamentunterkante:**

Mergel, Mergelstein, mittel kiesig, sehr
schwach feinsandig - halbfest

**Beginn ausreichend
tragfähiger Untergrund:**

Mergelstein - fest → ab ca. 1,5 - 2,5 m unter GOK

Grundwasser:

am Erkundungstag keine Feststellung

**Geophysikalische
Messungen:**

keine Störungen / Klüfte oder weitere geologische
Besonderheiten

Standort WEA 08

**Niveau effektive
Fundamenteinbindung geplant
(UK Betonsauberkeitsschicht):**

? m ü. NHN

**Untergrund ab
Fundamentunterkante:**

**Beginn ausreichend
tragfähiger Untergrund:**

**Mergelstein / Tonmergelstein - fest → ab ca. 3,6 -
4,2 m unter GOK**

Grundwasser:

am Erkundungstag keine Feststellung

Geophysikalische



Messungen:

keine Störungen / Klüfte oder weitere geologische Besonderheiten

Standort WEA 08 bindet mit seiner effektiven Fundamentunterkante in plastifiziert verwitterte Gesteine des Mittleren Keupers ein. Der Untergrund ist durch geringe Steifigkeiten geprägt, die das Setzungsverhalten bestimmen. Hier besteht die Gefahr von unzulässigen Setzungen und Setzungsunterschieden. Ein derartiges Milieu kann bei zyklischen Beanspruchungen aus dem Anlagenbetrieb zudem zu einem Aufschaukeln führen (Begünstigung einer "Sattellage"). Eine Lastbeanspruchung derartiger Böden ist daher auszuschließen. Erst die fest gelagerten Untergrundstrukturen des Keuperfelses weisen eine höhere Steifigkeit auf, die ausreichende Scherwiderstände bei Lastaufbringung aktivieren können. Der Übergang in diese Baugrundzone ist anhand des Erkundungsbefundes ab Tiefe zwischen 1,5 und 2,5 m zu erwarten.

Standort WEA 09 bindet abschätzend bei erwarteter geländenaher Fundamentunterkante in plastifiziert verwitterte Gesteine des Mittleren Keupers ein. Der Untergrund ist durch geringe Steifigkeiten geprägt, die das Setzungsverhalten bestimmen.

Hier besteht die Gefahr von unzulässigen Setzungen und Setzungsunterschieden. Ein derartiges Milieu kann bei zyklischen Beanspruchungen aus dem Anlagenbetrieb zudem zu einem Aufschaukeln führen (Begünstigung einer "Sattellage"). Eine Lastbeanspruchung derartiger Böden ist daher auszuschließen. Erst die fest gelagerten Untergrundstrukturen des Keuperfelses weisen eine höhere Steifigkeit auf, die ausreichende Scherwiderstände bei Lastaufbringung aktivieren können. Der Übergang in diese Baugrundzone ist anhand des Erkundungsbefundes ab Tiefe zwischen 3,6 und 4,2 m zu erwarten.

Freies Grundwasser konnte während der Erkundungsdurchführung an beiden Standorten nicht festgestellt werden. Langanhaltende Niederschläge und Starkregenereignisse sowie Schneeschmelzen können allerdings zu einer Intensivierung der Verhältnisse mit der Möglichkeit einer unmittelbaren Beeinflussung der Böden innerhalb der Fundamentregion führen.

6.3 Gründung der Anlagen

Maßgebend ist der Tiefenbereich, bis in den die Einwirkung der Anlagenlasten unter Beachtung der für die festgelegten Anlagensysteme erforderlichen Bodenpressung reicht (aufnehmbarer Sohldruck des Untergrundes).

Die Absetzung der Turmlasten erfordert daher zur Ausschließung unzulässiger Setzungsverformungen aufgrund statischer und zyklischer Lastbeanspruchungen



mindestens dichte Lagerungsverhältnisse des Untergrundes. Diese müssen gleichmäßig über die gesamte Einwirkungstiefe der Turmlasten gewährleistet werden.

Vordergründiges Ziel zur standsicheren Lastabtragung der Anlage ist somit die Sicherstellung gleichmäßiger und tragfähiger Gründungsbedingungen.

Eine ausreichende Tragfähigkeit des Untergrundes zur Aufnahme der einwirkenden Lasten ist in den sehr dicht gelagerten Felsgesteinen des Keupers gegeben.

Tiefen, ab denen mit ausreichend belastungsfähigem Untergrund gerechnet werden kann, sind an den Standorten variabel und am Standort **WEA 09** deutlich tiefer zu berücksichtigen als beim Standort **WEA 08**.

Für die Standorte kommen somit Mehrgründungstiefen zum Tragen, die durch geeignete Überbrückungen auszugleichen sind.

Im Einzelnen wird vorgeschlagen:

Standort WEA 08 → Einbindung in sehr dicht gelagerten Mergelstein
ab ca. 253,15 bis 253,90 m ü. NHN

254,65 m ü. NHN Unterkante Fundament

entspricht ca. 0,75 bis 1,5 m Überbrückungshöhe

Standort WEA 09 → Einbindung in sehr dicht gelagerten Mergelstein / Tonstein
ab ca. 242,85 bis 243,10 m ü. NHN

? m ü. NHN Unterkante Fundament

entspricht ca. ? m Überbrückungshöhe

Für die Standorte wäre zur Überbrückung der Differenzhöhe zwischen der Fundamenteinbindung und dem tragfähigem Gründungsaufleger ein Bodenaustausch und dem Einbau einer **mineralischen Erdbauschicht** aus gleichmäßig kornabgestuftem und raumbeständigem Brechkorngemisch angezeigt.

Als Material kommen ausschließlich gebrochene Gesteinsarten in gleichmäßiger Kornabstufung und Raumbeständigkeit in Frage (z.B. Körnung 0 - 32 oder 0 - 45 mm).



Der Einbau erfolgt lagenweise und Verdichtung je Lage ($d = 0,30 \text{ m}$). Ab äußerem Fundamentrand ist der Lastabstrahlungswinkel von 45° einzuhalten.

Im Hinblick auf die Anforderungen ist eine Prüfung der Tragfähigkeit erforderlich. Vorgeschlagen wird folgender Nachweis:

$E_{v2} \geq 120 \text{ MN} / \text{m}^2$ Tragfähigkeit

$E_{v2} / E_{v1} \leq 2,3$ Verdichtungsverhältnis

Der Nachweis erfolgt mittels Lastplattendruckversuchen nach DIN 18134.

Der Erfolg der Tragfähigkeitsverbesserung ist durch Fremdprüfung nachzuweisen.

Die konkrete Austauschmächtigkeit richtet sich nach dem Verlauf der geeigneten Böden. Diese sollte zweckmäßigerweise gemeinsam mit dem Baugrundsachverständigen festgelegt werden.

Die Beteiligung des Baugrundsachverständigen ist insbesondere deswegen anzuraten, da die Beurteilung der Gründungsverhältnisse erst in der fertig gestellten Baugrube über den gesamten Baugrubenquerschnitt ermöglicht wird.

Generell gilt zudem, dass eine abschließende Bewertung spätestens bei der Baugrubensohlabnahme durch den Baugrundsachverständigen erforderlich wird, um ungünstige Einflüsse auf die Gründung der Anlagen auszuschließen und um frühzeitig eventuell notwendige Maßnahmen zur Vergleichmäßigung der Tragfähigkeitseigenschaften festlegen zu können.

Neben der genannten Überbrückungshöhe ist zu berücksichtigen, dass das Planum vor dem Aufbringen der ersten Lage der Ersatzerdbaustoffe intensiv mit schwerer Walze (mind. 10-to) "kreuzweise" und mit überlappenden Übergängen zu verdichten ist. Zur Erreichung der Baugrubensohle wird die Schaffung einer rampenartigen Zufahrt aus mineralischen Gesteinen erforderlich. Außerdem muss gewährleistet werden, dass die Walze jeden Punkt der Fundamentaufstandsfläche erreichen kann.

Einbau, Verdichtung und Kontrolle erfolgt grundsätzlich mit dem Baugrundsachverständigen in enger Abstimmung.

Bei sach- und fachgerechter Umsetzung der Maßnahme kann eine standsichere Gründung gewährleistet werden, so dass die von der Windenergieanlage abzutragenden maßgeblichen Bauwerkslasten vom anstehenden Baugrund ausreichend aufgenommen werden können.

6.4 Auftriebssicherheit

Die vorgelegte Allgemeine Dokumentation des Anlagenherstellers zu den gewählten Fundamenttypen enthält die Voraussetzungen einer Flachgründung mit einem maximalen Grundwasserstand in Oberkante Gelände.

6.5 Geotechnische Nachweise

Die Aufstellung und der Betrieb der Anlagen erfordern die Einhaltung bestimmter Anforderungskriterien.

Auf der Grundlage der vom Bauherrn zur Verfügung gestellten Unterlage

Standort WE 08

- **Allgemeine Dokumentation Fundamente N163 / 6.X TCS164**, Rev. 02 / 17.08.21, UKA Meißen Projektentwicklung GmbH & Co. KG

Standort WE 09

- **Allgemeine Dokumentation Fundamente N163 / 6.X TS118-03**, Rev. 01 / 09.12.2021, UKA Meißen Projektentwicklung GmbH & Co. KG

werden folgende Anforderungen an den Baugrund gestellt:

Standort WE 08 - N163 mit 164 m NH

Abbildung 8a: Anforderungen

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG

Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen
Geophysik & Geotechnik



- Maximal zulässige Bodenpressung im BS-P: $\sigma_{\text{MAX,BS-P}} \geq 222 \text{ kN/m}^2$
- Maximal zulässige Bodenpressung im BS-A: $\sigma_{\text{MAX,BS-A}} \geq 257 \text{ kN/m}^2$
- Statische Drehfederkonstante: $k_{\varphi,\text{stat}} \geq 60000 \text{ MNm/rad}$
- Dynamische Drehfederkonstante: $k_{\varphi,\text{dyn}} \geq 300000 \text{ MNm/rad}$

Charakteristische Lasten in der Sohlfluge der Gründung nach DIBt:

	M_{b,k} [kNm]	V_k [kN]	H_k [kN]
BS-P	186470	37582	1331
BS-T	64043	37296	613
BS-A	218891	37512	1435

Eigengewicht, Erdüberschüttung und Auftrieb:

Betonvolumen

- Betonwichte $\gamma_{\text{C}} = 25,0 \text{ kN/m}^3$
- Betongewicht $G_{\text{C}} = 20597 \text{ kN}$

Überschüttung

- Höhe Erdüberschüttung innen $t_{\text{ÜS,inn}}: 0,50 \text{ m}$
- Höhe Erdüberschüttung außen $t_{\text{ÜS,aus,max}}: 2,00 \text{ m}$
- Bodenwichte $\gamma_{\text{ÜS}} = 18,0 \text{ kN/m}^3$
- Gewicht Erdüberschüttung $G_{\text{ÜS,max}}: 10145 \text{ kN}$

Auftrieb

- Höhe Wassersäule $h_{\text{GW,max}} = 0,88 \text{ m}$
- Auftriebskraft $G_{\text{GW,max}} = -4494 \text{ kN}$

Quelle: NORDEX Energy SE & Co. KG, Hamburg

Standort WE 09 - N163 mit 118 m NH

Abbildung 8b: Anforderungen

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG

Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen
Geophysik & Geotechnik



Angabe liegt in der finalen Version noch nicht vor!

Charakteristische Lasten in der Sohlfuge der Gründung nach DIBt:

Angaben liegen in der finalen Version noch nicht vor!

Eigengewicht, Erdüberschüttung und Auftrieb:

Angaben liegen in der finalen Version noch nicht vor!

Weiterhin sind einschlägige DIN-Normen und Regelwerke zu beachten.

Auf der Grundlage der Bodenkennwerte wurden zunächst lediglich für den Standort **WEA 08** Grundbruch - und Setzungsprognosen, Nachweise gegen Gleiten und Kippen sowie der Lagesicherheit mit Hilfe des Programmes "*GGU - Footing*" erstellt, dessen Rechnerausdrucke in den **Anlagen 5.1 bis 5.4** ersichtlich sind.

Die Geotechnischen Nachweise für den Standort **WEA 09** müssen der Vorlage der fehlenden Angaben zur Einbindetiefe und den Lasten abgewartet werden.

Die in der Berechnung eingesetzten Belastungswerte sind gemäß den Vorgaben der Allgemeinen Dokumentation berücksichtigt worden (siehe o.s. Zusammenstellung). Jeweils hinzugerechnet wurde die Erdaufschüttung $G_{\text{ÜS, max}}$ bzw. abgezogen die Auftriebskraft $G_{\text{GW, max}}$. **Die somit in den Nachweisen eingesetzten Schnittgrößen sind vom Anlagenhersteller auf Plausibilität zu prüfen!**

Die Standorte benötigen aufgrund der erforderlichen Überbrückung der Fehlhöhen zwischen der Fundamentunterkante und dem ausreichend belastungsfähigen Untergrund einen mineralischen und nicht bindigen Bodenaustausch.

Folgende Fehlhöhen wurden berücksichtigt:

Standort WEA 08 → ca. 0,75 bis 1,5 m **i. M. ca. 1,10 m**

Standort WEA 09 → ca. ? m

Bei der Verwendung eines mineralischen Gesteins der Bodengruppe GW und Gewährleistung einer dichten Lagerung werden die mittleren bodenphysikalischen Kennwerte abschätzend erwartet:

γ / γ'	= 19,0 / 12,0 kN / m ³	Wichte
ϕ	= 37,5°	Reibungswinkel
c	= 0,0 kN / m ²	Kohäsion
E_s	= 100.000 kN / m ²	Steifemodul

Für die Keupergesteine wurden bis in Tiefen der erwarteten Lasteinwirkung folgende Kennwerte als Mittelwerte angesetzt:

γ / γ'	= 22,0 / 12,0 kN / m ³	Wichte
φ	= 35,0°	Reibungswinkel
c	= 0,0 kN / m ²	Kohäsion
E_s	= 200.000 kN / m ²	Steifemodul

Berechnet wurden gemäß den Vorgaben die Bemessungssituationen: "BS-P" und "BS-A", jeweils mit / ohne Auftrieb.

Die nachstehende Tabelle enthält die Ergebnisdarstellung.

Programm-berechnung	WEA 08 Bodenaustausch i.M. = 1,10 m	WEA 09 Bodenaustausch i. M. m
Setzungen: in cm	mit / ohne Auftrieb BS-P: s = 0,06 - 0,79 / 0,05 - 0,71 BS-A: s = 0,04 - 0,87 / 0,03 - 0,78	mit / ohne Auftrieb BS-P: s = 0,0 - 0, / 0,0 - 0, BS-A: s = 0,0 - 0, / 0,0 - 0,
Zul. Schiefstellung: $\Delta s \leq 3 \text{ mm / m}$ WEA 08 - N163, 164 m NH 25,80 x 3 ≈ 77 mm 25,80 / 0,077 = 1 : 335 WEA 09 - N163, 118 m NH ?	mit / ohne Auftrieb BS-P: 1 : 2.949 / 1 : 3.246 < 1 : 335 BS-A: 1 : 2.589 / 1 : 2.865 < 1 : 335	mit / ohne Auftrieb BS-P: 1 : / 1 : < 1 : BS-A: 1 : / 1 : < 1 :
Grundbruchsicherheit: Ausnutzungsgrad $\mu = V_d / R_d \leq 1,0$ → Nachweis erbracht!	mit / ohne Auftrieb BS-P: $\mu = 0,088 / 0,057 \leq 1,0$ BS-A: $\mu = 0,076 / 0,046 \leq 1,0$	mit / ohne Auftrieb BS-P: $\mu = 0,0 / 0,0 \leq 1,0$ BS-A: $\mu = 0,0 / 0,0 \leq 1,0$
	mit / ohne Auftrieb	mit / ohne Auftrieb

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG

Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen
Geophysik & Geotechnik



Gleitwiderstand: Ausnutzungsgrad $\mu = T_{t,d} / R_{t,d} \leq 1,0$ → Nachweis erbracht!	BS-P: $\mu = 0,073 / 0,056 \leq 1,0$	BS-P: $\mu = 0,0 / 0,0 \leq 1,0$
	BS-A: $\mu = 0,057 / 0,052 \leq 1,0$ mit / ohne Auftrieb	BS-A: $\mu = 0,0 / 0,0 \leq 1,0$ mit / ohne Auftrieb
Lagesicherheit $\mu_{EQU} = M_{dst} / M_{stb} \leq 1,0$ → Nachweis erbracht!	BS-P: $\mu = 0,564 / 0,511$	BS-P: $\mu = 0, / 0,$
	BS-A: $\mu = 0,419 / 0,379$	BS-A: $\mu = 0, / 0,$

Tabelle 9: Geotechnische Standsicherheitsnachweise - Programmberechnung

Die Programmberechnung hat unter den gegebenen Lastbeanspruchungen für die betrachteten Lastfälle zulässige Setzungsverformungen nachgewiesen. Grundbruchsicherheit, Kippsicherheit, Gleitwiderstand und Lagesicherheit sind ausreichend.

Für die Fundamenteinspannung zwischen Fundament und Baugrund ist eine dynamische Mindestdrehfedersteifigkeit in der Größenordnung entsprechend den o.s. Angaben zu bestätigen. Diese beinhalten ferner, dass sich die erforderlichen dynamischen Steifemodule in Abhängigkeit von Fundamentgeometrie und Querdehnzahl ergeben. Die Anforderungen gelten für jede Baugrundsicht im Lasteinflussbereich des Fundamentes.

Neben den erkundeten Schichtdaten sind die Werte für $E_{oed,stat.}$ und $E_{oed,dyn.}$ als mittlere Kennwerte bzw. nach GbT, 5. Auflage, Bild 39, bestimmt worden. Die empirische Querdehnzahl wurde in Abhängigkeit des inneren Reibungswinkels berechnet

Die nachfolgende Tabelle enthält das Nachweisergebnis der nach Excel - Kalkulation berechneten Werte.

WP Borgentreich Ost III				Nachweis Drehfedersteifigkeit							
Datum	24.02.2023										
Turmtyp	N163,6.8MW,164mNH										
Gründungsart	FlmA			Standort	WEA 08				60.000	300.000	Sollwerte
Schichten unter Fundament:	Innerer Reibungswinkel	Lagerung / Konsistenz	UK Schicht von GOK (m)	Schichthöhe (m)	Eoed.stat (MN/m²)	Eoed.dyn (MN/m²)	Querdehnzahl	Fundamentradius (m)	Kappa phi, stat (MNm/rad)	Kappa phi, dyn (MNm/rad)	Bemerkung
UK Sauberkeitsschicht			0,8					12,75			
Bodenaustausch	37,5	sehr dicht	1,90	1,10	100	300	0,28	12,75	234.055	702.165	ausreichend
Keuper	35	sehr dicht	30,00	28,10	200	3200	0,30	13,59	548.095	8.769.524	ausreichend

Tabelle 10a: Dynamische Drehfedersteifigkeit - statischer / dynamischer Steifemodul

noch durchzuführen!

Tabelle 10b: Dynamische Drehfedersteifigkeit - statischer / dynamischer Steifemodul

Die geforderten Mindestwerte werden rechnerisch eingehalten.

Der anstehende Baugrund muss folgenden Sohldruck aufnehmen:

Sohldruck	N163, 164 m NH	N163, 118 m NH
aufnehmbarer Sohldruck:	erforderlicher Sohldruck (max. zul. Bodenpressung):	erforderlicher Sohldruck (max. zul. Bodenpressung):
Bodenaustausch * $\sigma_{k,zul} 400 \text{ kN / m}^2$	BS-P $\sigma_{max, BS-P} \geq 222 \text{ kN / m}^2$	BS-P $\sigma_{max, BS-P} \geq \text{kN / m}^2$
	BS-A $\sigma_{max, BS-A} \geq 257 \text{ kN / m}^2$	BS-A $\sigma_{max, BS-A} \geq \text{kN / m}^2$

Tabelle 11: Gegenüberstellung aufnehmbarer / erforderlicher Sohldruck

* Voraussetzung: Verwendung von weitgestuften mineralischen Erdbaustoffen der Bodengruppe GW in optimaler Verdichtung ($D_{pr} = 103\%$).

Der aufnehmbare Sohldruck wird somit unterschritten.

Die Anlagen können gemäß den Nachweisen in den Bodenaustausch gegründet werden.

6.6 Erdarbeiten

Das Fundament umfasst standardmäßig eine Einbindung von 0,70 m am Standort **WEA 08** und ? m am Standort **WEA 09**. Hinzu kommt eine Betonsauberkeitsschicht in Dicke von 0,10 m, so dass die effektive Fundamentunterkante von 0,80 m bzw. ? m unter Oberkante Gelände liegt (Anlagenmittelpunkt). Aufgrund von Fehlhöhen bis zum ausreichend tragfähigen Keuperfels werden Ausgleichsmaßnahmen erforderlich, die bei den Gesamtabgrabungstiefen hinzuzurechnen sind.

Entsprechend den Befunden der Erkundung sollte mit folgenden Gesamtabgrabungstiefen gerechnet werden:

Standort WEA 08 → **ca. 1,5 bis 2,5 m**

Standort WEA 09 → **ca. ? bis ? m**

Die notwendigen Abgrabungen erfolgen innerhalb der anstehenden Böden aus Lehmen der Bodengruppe TL und UL sowie der plastifizierten Verwitterungsbildungen problemlos, d.h. mit ungehindertem Aushubfortschritt. Eingelagerte Mergelsteine der Verwitterungszone des Festgesteins dürften keine maßgeblichen Widerstände hinsichtlich des Lösens darstellen. Jedoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass mit zunehmender Abgrabungstiefe höhere Festigkeiten angetroffen werden. Dies



betrifft insbesondere vermehrt vorkommende Mergel- und Tonsteine. Vorsorglich sollte daher schweres Tieflöffelbaggergerät mit Felszähnen eingesetzt werden.

Die Abgrabungen sollten unter $\beta = 60^\circ$ standsicher sein. In diesem Zusammenhang ist auf die Beachtung der DIN 4124 - "Baugruben und Gräben" sowie der einschlägigen Unfallschutzvorschriften hinzuweisen.

Generell gilt, dass die Böschungswandungen zu beobachten sind. Sollten Gefährdungen der Eigenstandsicherheit befürchtet bzw. festgestellt werden, sind unverzüglich abflachende Nachprofilierungen oder andere geeignete Stützmaßnahmen durchzuführen. Dies gilt insbesondere den Standort der **WEA 09** mit tieferen Einschnitten.

Nach der Profilierung der jeweiligen Baugrube erfolgt eine intensive und "kreuzweise" Verdichtung des Erdplanum (10 t - Walze). Der Verdichtung sollte mindestens 3 Tage niederschlagsfreies Wetter vorausgegangen sein.

Unmittelbar nach Fertigstellung ist das Planum vom Baugrundsachverständigen abzunehmen und freizugeben.

Anschließend bzw. nach Durchführung der baugrundbedingten Bodenaustauschmaßnahmen erfolgt unverzüglich die Versiegelung der Fundamentaufstandsfläche durch den Einbau der Betonsauberkeitsschicht.

Entlang der oberen Baugrubenränder wird die Einhaltung eines lastfreien Schutzstreifens von $\geq 1,50$ m empfohlen.

6.7 Wasserhaltung

Während den Erkundungsarbeiten ist in den geländenahen Eingriffstiefen kein Grundwasser angetroffen worden.

Allerdings kann nicht mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden, dass es im Verlauf länger andauernder Niederschläge (oder Starkregenereignisse) zu Tagwasseransammlungen über dem Grubenplanum kommt.

Erforderliche Vorkehrungen zum Schutz des Planums obliegen dem Auftragnehmer.

6.8 Bodenaustausch



An den Standorten kommt ein baugrundbedingter Bodenaustausch mit unterschiedlichen Schichtdicken zur Herstellung. Am Ausführungsort der Anlage **WEA 08** ist diese mit ca. 0,75 bis 1,5 m und bei **WEA 09** mit ca. bis ? m ermittelt worden.

Aufgrund der Anforderungen sind für diese Maßnahmen ausschließlich mineralische und raumbeständige Brechkornmische in gleichmäßiger Kornabstufung zur Verwendung zuzulassen (z.B. Körnung 0 - 32 oder 0 - 45 mm).

Auswahl, Einbau und Verdichtung der Erdbaustoffe erfolgen zweckmäßigerweise in Anlehnung an die:

- **ZTV V - SoB - StB**
"Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau"
- **TL SoB - StB**
"Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau"

Der Einbau der mineralischen Schicht wird in Lagen zu $d = 0,30$ m ab äußerem Fundamentplattenrand im Lastausbreitungswinkel von 45° nach unten durchgeführt, wobei jede Lage intensiv und "kreuzweise" zu verdichten ist. Auf die sorgfältige Verdichtung am äußeren Fundamentrand wird ausdrücklich hingewiesen.

Zur Gewährleistung der ausreichenden Verdichtung am Fundamentrand ist eine Verbreiterung der Schicht auf mindestens $b = 0,50$ m zu empfehlen.

Der Erfolg der Tragfähigkeitsverbesserung ist zweckmäßigerweise durch Fremdprüfung zu bestätigen. Als Verdichtungsziel sollte nachgewiesen werden:

$D_{pr} \geq 103\%$ Proctor

oder ersatzweise

$E_{v2} \geq 120 \text{ MN} / \text{m}^2$ Verformungsmodul
 $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,3$ Verdichtungsverhältnis

In halber und ganzer Aufbauhöhe ist jeweils mindestens ein Lastplattendruck - Versuch nach DIN 18134 zur Bestätigung der Verdichtung und der E - Module auszuführen.

Einbau, Verdichtung und Kontrolle erfolgt grundsätzlich mit dem Baugrundsachverständigen in enger Abstimmung.

Bei fachgerechter Ausführung, Prüfung und Freigabe kann das jeweilige Fundament in einem Durchgang betoniert werden.

6.9 Arbeitsraumverfüllung und Fundamentüberschüttung

Durch die Einbindung unterhalb des Geländes entsteht umlaufend um das Fundament ein Arbeitsraum. Dieser erfordert zur Verfüllung den Einbau von verdichtungsfähigen Erdbaustoffen. Die Baustoffe sind lagenweise einzubauen und zu verdichten ($D_{pr} \geq 100\%$).

Da zwischen dem Fundament und der Kranstellfläche eine Lastbeanspruchung aus Richtung der Kranstellfläche stattfindet, ist als nachzuweisendes Verdichtungskriterium entsprechend der vorgenannten Proctordichte ein Verdichtungsverhältnis von $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,3$ nachzuweisen (ermittelt durch Lastplattendruckversuche nach DIN 18134).

In den relevanten Bereichen werden nur qualifizierte Erdbaustoffe gemäß ZTV SoB - StB / TL SoB - StB zur Verwendung zugelassen.

Die erreichte Verdichtung ist nachzuweisen und die Zulässigkeit mit dem Baugrundgutachter abzustimmen.

Die Verwendung der beim Aushub gewonnenen Lehme und lehmigen Verwitterungsbildungen des Ausgangsgesteins zum Zweck der Arbeitsraumverfüllung in den Bereichen außerhalb des Lasteinflusses kann in Aussicht gestellt werden. Ggf. ist auch für diese Bereiche eine Proctordichte von $D_{pr} = 100\%$ zu fordern, so dass eine Vergütung bzw. Verfestigung in Abstimmung mit dem Anlagenhersteller zu prüfen ist. Für derartige Maßnahmen eignet sich das Einarbeiten von Kalk / Zement (als Mischbinder). Zugabemengen können allerdings erst nach vorherigen labortechnischen Untersuchungen angegeben werden, da diese von den im jahreszeitigen Verlauf veränderlichen natürlichen Wassergehalten abhängen.

Die Anforderungen des Anlagenherstellers sind zu beachten.

Auf dem Fundamentsporn und seitlich davon wird eine dauerhafte Bodenaufschüttung aufgebracht. Diese ist Bestandteil des statischen Systems und ist zwingend gemäß den Angaben des Anlagenherstellers herzustellen.

Um für die Fundamentüberschüttung gemäß Vorgabe die geforderte Mindestwichte von $19 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Trockenzustand) zu erreichen, wird ein lagenweiser Einbau der Schüttschichten und eine Verdichtung jeder Einzeleinbaulage mittels statischem Verdichtungsgerät (Walzen - mindestens 4 kontrollierte Übergänge je Einbaulage) angeraten.

Zur Andeckung des oberen Überschüttbereichs eignen sich vorzugsweise Lehmböden, die zur raschen Abführung von Oberflächenwässern geglättet und mit Gefälle vom Anlagenmittelpunkt weg profiliert werden sollten. Die Aufschüttung ist gegen Erosion zu schützen.



Als Schichtdicke der Einzeleinbaulage wird $d < 0,25$ m vorgeschlagen.

Eine Prüfung und Bestätigung der anlagerherstellerseitigen Mindestwichte ist erforderlich.

Oberböden sind nicht geeignet, da sie eine geringere Wichte aufweisen und nicht ausreichend verdichtungsfähig sind. Ggf. finden sie für Schutzmaßnahmen gegen Erosionsbildungen Verwendung.

Der erforderliche Überstand der Bodenaufast über die Fundamentaußenkanten sollte mindestens 1 m betragen.

7 Zuwegungen

Die Zuwegung zu den Standorten erfolgt über ein Netz aus befestigten und teilbefestigten Wirtschaftswegen. Ausgehend von den vorhandenen Wegen werden bis zu den Standorten neu zu bauende Zuwegungen benötigt, welche landwirtschaftlich genutzte Flächen queren.

Für die Zuwegungen ist zu beachten, dass diese während der Bauphase durch häufig wiederkehrenden Schwerlastverkehr beansprucht werden.

Bei entsprechenden Belastungen können erhebliche Einsenkungen und Rinnenbildungen auftreten. Insbesondere im Verlauf niederschlagsreicher Zeiten stellen sich entlang der Fahrfläche u.U. tiefgründige Aufweichungen ein, die dann nicht mehr befahrbar bzw. ungehindert nutzbar sind.

Es wird der Aufbau einer durchgehenden, dauerhaft nutzbaren und frostsicheren Oberflächenbefestigung benötigt. Die Tragfähigkeit und Befahrbarkeit müssen auch im Falle von starken Regenfällen gegeben sein.

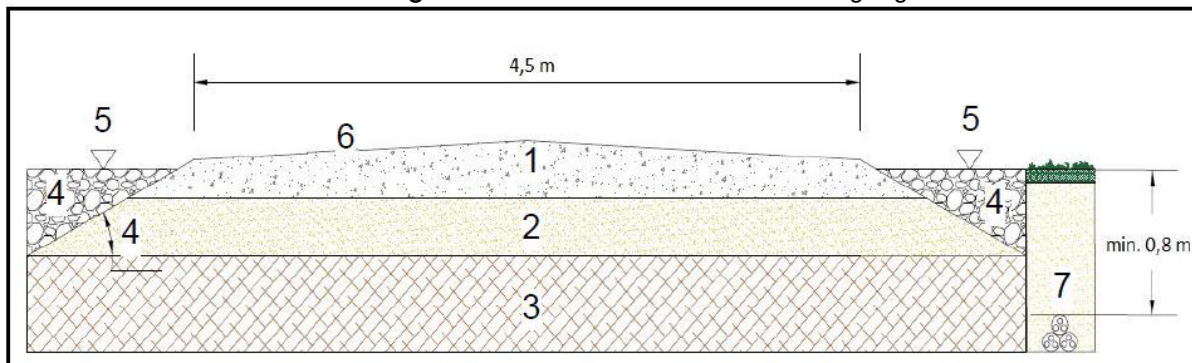
Um die Anforderungen zu erfüllen, müssen in den betroffenen Abschnitten entsprechende bautechnische Maßnahmen eingeleitet werden. Die Ausbaubreite der Fahrwege, einschließlich der Bankette und Begegnungsflächen richtet sich nach den Vorgaben des Anlagenherstellers. Bestehende Fahrwege erfordern Maßnahmen zur Verbreiterung sowie Aufweitungen in Kurvenbereichen.

Anlagenherstellerseitige Anforderungen sind zu beachten gemäß:

- **Technische Spezifikation - Baugrunduntersuchung & Geotechnischer Bericht - Fundament, Straßen und Kranstellflächen - Deutschland** - Nordex Energy SE & Co. KG, Rev. 00 / 01.11.2017, Dokumentennr.: E0004353911

In Ergänzung der vorstehend genannten Spezifikation und auf der Grundlage vergleichbarer Anlagensysteme des Herstellers werden auszugsweise weitere Anforderungen wiedergegeben.

Abbildung 9: Schematischer Aufbau der Zuwegung



- | | | | |
|---|--|---|-------------------------------|
| 1 | 1 Tragschicht verdichtet, Schotter: 15-30 cm | 2 | Unterbau verdichtet 30-100 cm |
| 3 | Tragfähiger Boden | 4 | Böschung 1:2 |
| 5 | Geländeoberkante | 6 | Querneigung $\leq 2\%$ |
| 7 | Kabelgräben | 8 | |

- Kies- und Schottertragschichten können aus Baustoffgemischen der Körnungen 32 mm, 45 mm oder max. 56 mm bestehen. Im Lieferzustand darf der Feinanteil ($< 0,063$ mm) max. 5 % betragen, im eingebauten Zustand 7 %.
- Auf geraden, ebenen Streckenabschnitten (projektspezifisch) ist eine befahrbare Breite von 4,5 m ausreichend. Diese darf nicht unterschritten werden. Ansonsten gelten die angegebenen Mindestanforderungen. Hierbei gilt, dass die Seitenbereiche der Fahrbahn tragfähig sind und mit einem minimalen Böschungswinkel von 1:2 konstruiert wurden. Der Lastabtragungswinkel ist unbedingt einzuhalten.

Qualitätsprüfungen	Mindestanzahl / Bemerkungen
Verdichtungsgrad D_{pr} nach DIN 18127 (oder vergleichbarer lokaler Norm) der Zuwegungen schichtweise (Unterbau, Tragschicht und Deckschicht)	1 Test alle 500 m
Verdichtungsgrad D_{pr} nach DIN 18127 (oder vergleichbarer lokaler Norm) der Kranstellflächen schichtweise (Unterbau, Tragschicht und Deckschicht)	4 Tests pro Kranstellfläche
Statischer Plattendruckversuch nach DIN 18134* (oder vergleichbarer lokaler Norm) der Zuwegungen schichtweise (Unterbau, Tragschicht und Deckschicht)	3 Tests (alle 5000 m ²)
Statischer Plattendruckversuch nach DIN 18134* (oder vergleichbarer lokaler Norm) der Kranstellflächen schichtweise (Unterbau, Tragschicht und Deckschicht)	2 Tests pro Kranstellfläche

*Folgende Bedingungen sind zu erfüllen:

- $Ev2 \geq 100 \text{ MN/m}^2$ und $Ev2/Ev1 \leq 2,3$
- Wenn der $Ev1$ -Wert bereits 60 MN/m^2 erreicht, dann sind auch höhere Verhältniswerte $Ev2/Ev1$ zulässig.

Quelle: NORDEX Energy SE & Co. KG, Hamburg

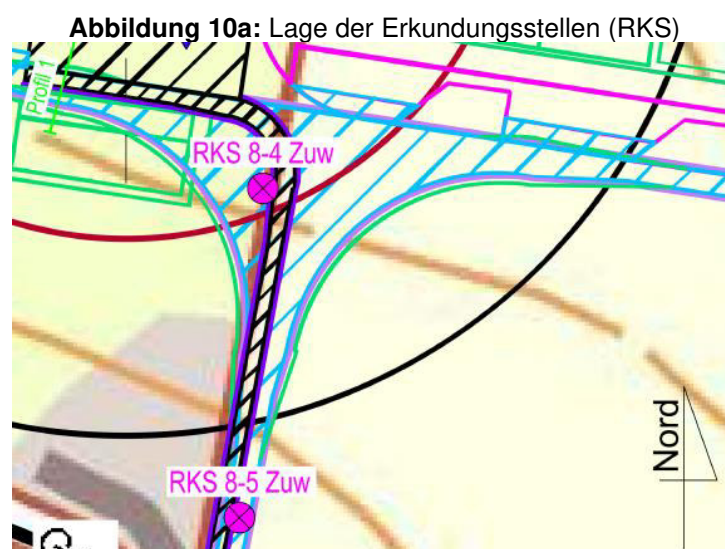
Die obere Tragschicht sollte möglichst gleichmäßig mit einer Überhöhung von mindestens 10 cm zum anliegenden Gelände eingebaut werden.

Eine konkrete Höhenplanung der Zuwegungen lag während der Bearbeitung noch nicht vor.

Zum Zweck der orientierenden geotechnischen Untersuchung der im Einwirkungsbereich der zukünftigen Fahrwege anstehenden Bodenverhältnisse wurden auftragsgemäß Rammkernsondierungen ausgeführt. Die Lageanordnung ist in **Anlage 1.1 (WEA 08) und 1.3 (WEA 09)** abgebildet.

Das im Verlauf der Erkundungsarbeiten angetroffene Bodenprofil wurde ingenieurgeologisch detailliert aufgenommen. Nachfolgend werden die Profilaufnahmen wiedergegeben.

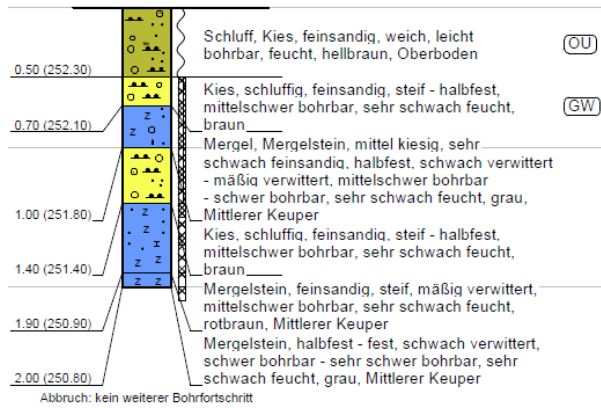
Standort WEA 08



Abbildungen 10b und 10c: Profilbalkendarstellung der Erkundungsstellen

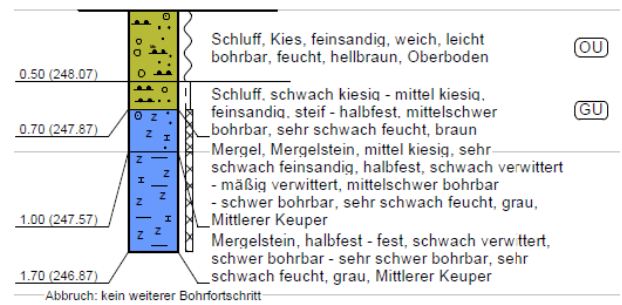
WEA 8 - RKS 4

252,80 m



WEA 8 - RKS 5

248,57 m



Standort WEA 09

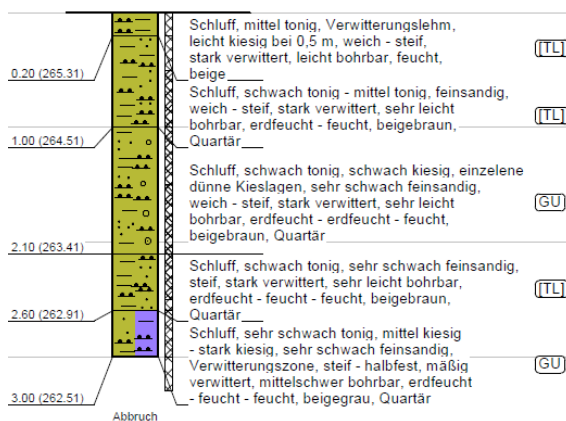
Abbildung 11a: Lage der Erkundungsstellen (RKS)



Abbildungen 11b und 11c: Profilbalkendarstellung der Erkundungsstellen

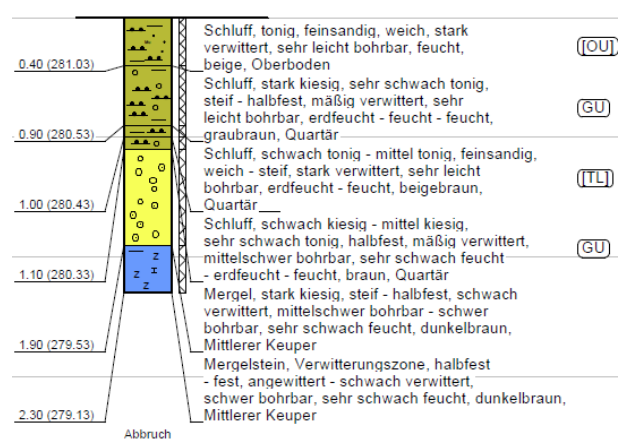
WEA 9 - RKS 4

265,51 m



WEA 9 - RKS 5

281,43 m



Die **Anlagen 2.4, 2.5, 2.9 und 2.10** enthalten nochmal in separaten Darstellungen die Profilbalkendarstellungen der Rammkernsondierungen.



Zusammenfassend kann herausgestellt werden, dass die Baugrundaufschlüsse in den erkundeten Streckenabschnitten unterhalb des geländeanliegenden Oberbodens aus humos durchsetztem Schluff (Bodengruppe OU) oder Verwitterungslehm aus tonigem Schluff (Bodengruppe TL) quartäre Schluffe mit teils eingelagerten Kiesen in weich bis halbfester Konsistenz angetroffen haben. Lediglich im Bereich der Zuwegung von Standort WEA 08 konnte in der Bohrstelle RKS 4 ein dünnmächtige schluffige Kiesschicht festgestellt werden (Bodengruppe GW). Die Zuwegung zum Standort WEA 08 zeigte nach wenigen Dezimetern Tiefengewinn einen Übergang in plastisch verwitterte Gesteine des Keupers auf. Dabei handelt es sich um Mergel und Mergelsteine in halbfester Konsistenz.

Die Zuwegung zum Standort **WEA 09** hingegen besitzt in der relevanten Untergrundzone eine verhältnismäßig tief reichende quartäre Schichtzone aus weich bis steifen oder halbfesten und teils kiesig durchsetzten Schluffen (Bodengruppe TL und GU).

Grundwasser wurde in keiner Bohrung bis zur maximalen Erkundungstiefe angetroffen.

Folgerungen

Der Oberboden ist hoch verformungsempfindlich und daher ungenügend tragfähig. Er muss entsprechend seiner ausgebildeten Schichtdicke vollständig ausgeräumt werden.

Bei dem unterhalb des Oberbodens anstehenden Untergrundes handelt es sich auf der Grundlage der punktuellen Erkundungsstellen vorrangig um bindige, feinkörnige und schwach bindige, gemischtkörnige Böden mit "sehr schwach feuchter", "erdfeuchter" bis "feuchter" Beanspruchung.

Gemäß ZTVE - StB ist die Frostempfindlichkeitsklasse **F 2** → **gering bis mittel frostempfindlich** und **F 3** → **sehr frostempfindlich** zuzuordnen.

Für die Gründung der Verkehrsflächen ist ein Mindestverformungsmodul für das Planum von $E_{v2} = 45 \text{ MN} / \text{m}^2$ vorzusetzen. Dies entspricht im Übrigen auch den Richtlinien der ZTVE - StB, Abschn. 4.5.

Das Leistungsmerkmal wird durch den Lastplattendruckversuch nach DIN 18134 ermittelt. Hiervon ausgehend wird auf dem Planum im Bauzustand ein ausreichend tragfähiger Untergrund abgeleitet.

Im Hinblick auf die plastischen Eigenschaften und der aktuell festgestellten Konsistenzen dürften abschätzend Verformungsmoduln von $E_{v2} = 10$ bis $20 \text{ MN} / \text{m}^2$ erreicht werden (Steifigkeitsänderungen durch veränderliche natürliche



Wassergehalte sind im jahreszeitigen Verlauf und den dann herrschenden Klimabedingungen immer möglich).

Vorschlag

Zunächst wird das Erdplanum mit einer Breite von $b = 4,5$ m (bzw. nach Angaben des Anlagenherstellers) angelegt und zur raschen Abführung von Niederschlagswässern mit einem einseitigen Gefälle (ggf. Dachgefälle) von wenigstens 2 - 3 % zum Wegrand hin glättend profiliert sowie intensiv statisch verdichtet (Glattmantelwalze 4 bis 6 überlappende Übergänge). Der Verdichtung sollten mindestens 3 Tage niederschlagsfreies Wetter vorausgegangen sein.

Zur Vermeidung von Vernässungen am seitlichen Rand sollte erwogen werden, eine Entwässerungseinrichtung in Form eines Grabenprofils und Ausbildung eines vorflutseitigen Gefälles herzurichten. Hierdurch soll vermieden werden, dass das anfallende Niederschlagswasser zu einer Aufweichung des Planums führen kann. Dies gilt auch für den Endzustand.

Da erwartet wird, dass die Anforderungen an das Mindestverformungsmoduls nicht bestätigt werden können, ist ein Bodenaustausch zu empfehlen. Dieser sollte eine Stärke von $d = 0,30$ m umfassen und aus geeigneten mineralische Brechkorngemischen bestehen (Splitt - Schotter - Gemisch 0 - 32 oder 0 - 45 mm).

Zur Optimierung der Tragfähigkeitsbedingungen sollte zwischen dem Planum und der mineralischen Bodenaustauschschicht ein Geogitter mit aufkaschiertem Vlies aufgelegt werden (TENAX GT HM 3). Die Erdbaustoffe werden nach dem Einbau intensiv verdichtet und sollten ein Verformungsmodul von $E_{v2} = 60$ kN / m² nachweisen.

Sofern die Bodenaustauschschicht frostsicheren Eigenschaften entspricht, kann sie bei der Festlegung des frostsicheren Gesamtaufbaus hinzugerechnet werden.

Voraussetzung für das Erreichen der geforderten Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 100$ MN / m² und einem Verdichtungsverhältnis von $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,3$ in Oberkante Tragschicht ist eine entsprechende Dimensionierung aus geeigneten mineralischen Gesteinen. Zu diesem Zweck sollte der durchlaufende Einbau einer frostsicheren Oberbaukonstruktion (Tragschicht = Frostschutzschicht) aus gleichmäßig kornabgestuftem und raumbeständigen, frostsicheren, frostbeständigen sowie einbau- und verdichtungsfähigem Brechkorngemisch vorgesehen werden (z.B. Korngröße 0 - 32 oder 0 - 45 mm).

Sofern eine umweltrelevante Unbedenklichkeit und sonstige Eignung für den vorgesehenen Zweck vorliegt, kann auch Recycling - Material verwendet werden (besondere Freigabe erforderlich!).

In Anlehnung an die erwarteten Belastungsklasse B_{k3,2} gem. RStO - "*Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen*", sollte der erforderliche frostsichere Gesamtaufbau insgesamt $d = 0,60$ m entsprechen. Für den Fall eines



frostsicheren Bodenaustausches dürfte die Aufbaustärke der Tragschicht mit $d = 0,30$ m genügen.

Es wird angeraten, die baubegleitenden Kontrollprüfungen entlang der jeweiligen Trasse durch das Büro des Baugrundsachverständigen oder einem anderen öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen durchführen zu lassen.

Alle weiteren Anforderungen regeln die anlagenherstellerseitigen Spezifikationen zum Wegebau.

8 Kranstell- und Montageflächen

Kranstell- und Montageflächen unterliegen einer besonderen Beanspruchung. Insbesondere die Kranstellflächen werden im Hinblick auf die eingesetzten Hebfahrzeuge durch hohe Sohl drücke beansprucht.

Der Untergrund muss gewährleisten, dass infolge der Beanspruchungen keine unzulässigen Schiefstellungen auftreten können. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Lastbeanspruchung in die angrenzende Lastverteilungsschicht unterhalb des Fundamentes hineinreicht.

Zudem gelten die Anforderungen analog zu den Zuwegungen sinngemäß. Dies betrifft vor allem die Dauerhaftigkeit der Eigenschaften und Beschaffenheit sowie die Frostsicherheit.

Anlagenherstellerseitige Anforderungen umfassen u.a. folgende Bedingungen:

Folgende Anforderungen werden vorgegeben u.a.:

250 kN / m² mind. Flächenpressung bzw. in Anpassung an die eingesetzte Krantechnik

120 kN / m² Tragfähigkeit der Auffahrrampe seitlich von der KSF auf das Fundament / geschottert auf den geschotterten / befahrbaren Fundamentbereich

Empfehlungen:

$E_{v2} \geq 45 \text{ MN} / \text{m}^2$ Tragfähigkeit Untergrund

$E_{v2} \geq 100 \text{ MN} / \text{m}^2$ Tragfähigkeit Oberkante Tragschicht

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG

Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen
Geophysik & Geotechnik



Material:

Tragschicht

gebrochenes Naturgestein 0 / 32 - 0 / 45 mm,
Feinanteil $\leq 5\%$ (zertifiziert)

Nachweis:

Setzungsberechnung und Nachweis
Grundbruchsicherheit erforderlich

Die Flächen sind eben anzulegen, eine Oberflächenneigung ist nicht zulässig.

Die Tragschicht sollte möglichst gleichmäßig mit einer Überhöhung von mindestens 10 cm zum anliegenden Gelände eingebaut werden, damit der Ablauf von Oberflächenwasser gewährleistet wird.

Die Prüfung der Tragfähigkeit erfolgt mittels Lastplattendruckversuchen nach DIN 18134.

Zur Niederschlagsabführung wird der Einbau einer Dränage erforderlich. Zu diesem Zweck sind Gräben zu profilieren, in denen Dränageleitungen DN 100 mm im Gefälle von mindestens $I = 1\%$ verlegt werden. Die Dränagen sind allseitig $d = 0,15$ m mit filterwirksamen Kiessand zu ummanteln und vorflutseitig rückstaufrei abzuleiten.

Eine konkrete Höhenplanung der Kranstell- und sonstigen Arbeitsflächen lag während der Bearbeitung noch nicht vor.

Zwecks erster Einschätzung der geotechnischen Rahmenbedingungen am Herstellungsort der Kranstellflächen wurde eine gesonderte punktuelle Erkundung beauftragt. Im Folgenden wird das Ergebnis dargestellt und beschrieben.

Nachstehende Abbildungen zeigen die Lage der Kranstellflächen (s. auch **Anlagen 1.1 und 1.2**). Jeweils nachgeordnet werden je Standort die zum Zweck der orientierenden Erkundung niedergebrachten Erkundungs- und Prüfstellen abgebildet.

Standort WEA 08

Abbildung 12a: Lage der Erkundungs- und Prüfstelle (RKS und DPH)

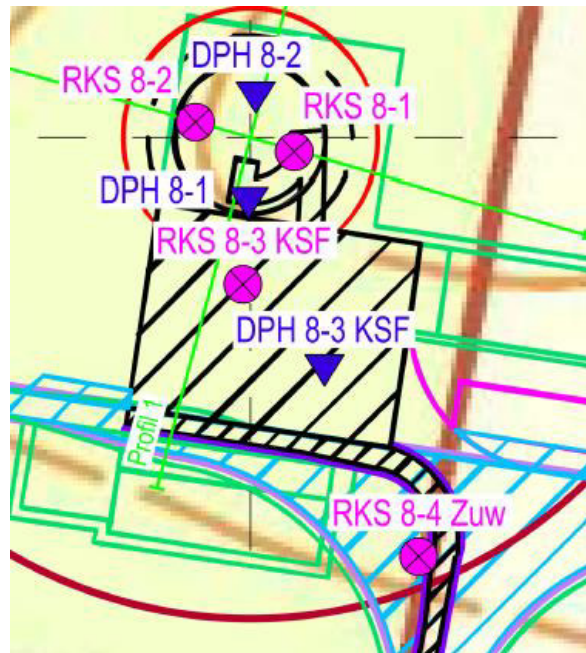
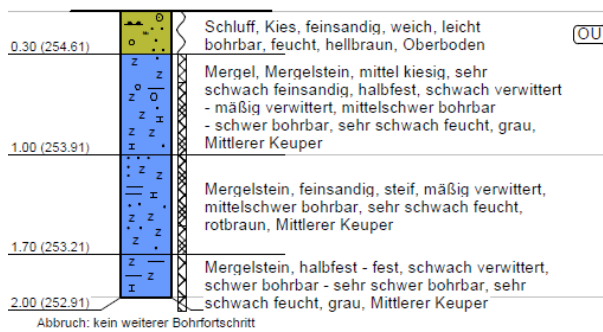


Abbildung 12b und 12c: Profilbalkendarstellung der Rammkernsondierung und Widerstandslinie der Prüfstelle

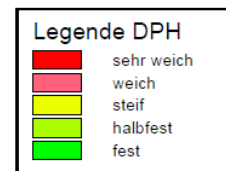
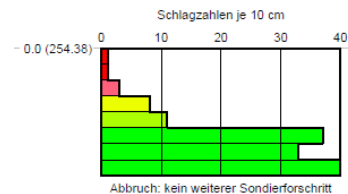
WEA 8 - RKS 3

254,91 m



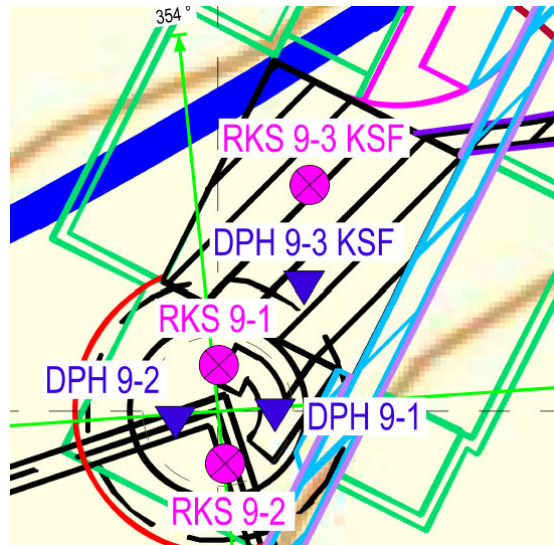
WEA 8 - DPH 3

254,38 m



Standort WEA 09

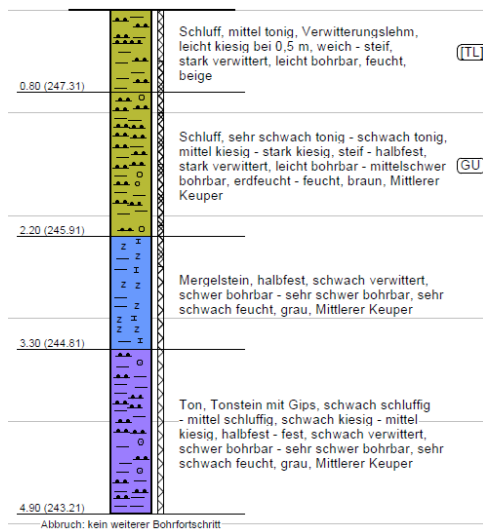
Abbildung 13a: Lage der Erkundungs- und Prüfstelle (RKS und DPH)



Abbildungen 13b und 13c: Profilbalkendarstellung der Rammkernsondierung und Widerstandslinie der Prüfstelle

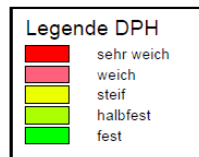
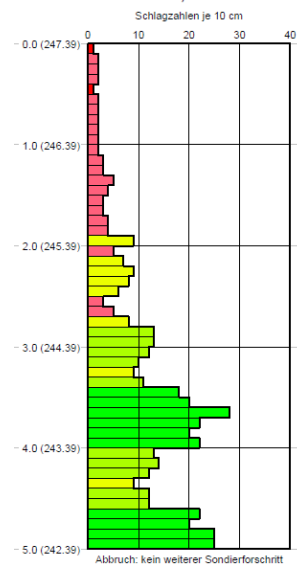
WEA 9 - RKS 3

248,11 m



WEA 9 - DPH 3

247,39 m



Die **Anlagen 2.3 und 2.8** zeigen nochmal in separaten Darstellungen die Bohrprofile. In den **Anlagen 3.3 und 3.6** sind die Widerstandslinien der Rammsondier - Prüfstellen extern abgebildet.



Gemäß dem Untersuchungsbefund hat sich ergeben, dass die anstehenden Bodenverhältnisse am Standort **WEA 08** unterhalb des geländeabdeckenden Oberbodens aus humosem Schluff durch verwitterte und plastifizierte Gesteine des Keupers in Form von Mergeln und Mergelsteinen bestimmt werden. Die Böden sind zunächst steif bis halbfest und wechseln mit Zunahme der Tiefe rasch (geländenah) in halbfeste bis feste Beschaffenheit.

Anders am Standort **WEA 09**. Hier konnte bereits während der Standorterkundung festgestellt werden, dass Verwitterungslehme aus kiesigen Schluffen bis in Tiefen von 2,4 / 2,5 m unter GOK anstehen. Die Erkundungsstelle innerhalb der Kranstellfläche zeigte eine Basis von 2,2 m. Nach dem Befund der Prüfstelle DPH 3 ist der Untergrund bis in Tiefe von 2,1 m durch weiche, bis 2,8 m durch weich bis steife und darunter durch steif bis halbfeste und in Schichtabschnitten durch feste Verhältnisse gekennzeichnet.

Freies Grundwasser konnte am Erkundungstag an keinem Erkundungsort eingemessen werden. Sensitiv feststellbar war eine "sehr schwach feuchte" oder "erdfeuchte bis feuchte" Beanspruchung der einzelnen Bodenhorizonte.

Bei dem unterhalb des Oberbodens anstehenden Untergrundes handelt es sich nach den Befunden bautechnisch nach DIN 18196 um bindige, feinkörnige und schwach bindige, gemischtkörnige Böden der **Bodengruppe TL und GU**. Nach ZTVE - StB ist für die geländenahen Untergrundböden die Frostempfindlichkeitsklasse **F 3** → **sehr frostempfindlich** und **F 2** → **gering bis mittel** zuzuordnen.

Auch hier gilt, dass der Oberboden vollflächig entsprechend der ausgebildeten Schichtdicke auszuräumen ist.

Im Hinblick auf die Einwirkung der Verkehrslasten mit entsprechender Tiefenwirkung werden hauptsächlich bindige bzw. bindig verwitterte Böden durch die Lastabtragung beansprucht. Diese Böden gelten für konzentrierte Lasteinwirkungen als nicht ausreichend verformungsstabil.

Die Befürchtung unzulässiger Untergrundverformungen lässt als gebotene Empfehlung nur den Schluss zu, den anstehenden Untergrund hinsichtlich der Tragfähigkeitsbedingungen allerorts zu verbessern.

Dies kann anhand der vorliegenden Bedingungen über einen Bodenaustausch realisiert werden. Es handelt sich dabei um die untere Tragschicht mit den Verdichtungsanforderungen gemäß den o.s. Angaben.

Die Schichtstärke /(bzw. -basis) ist unter technisch notwendigen und wirtschaftlichen Aspekten vorab nicht exakt anzugeben und sollte in einem integrierten Prüffeld unter Beteiligung des Baugrundsachverständigen bestimmt werden. Außerdem ist die

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG

Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen
Geophysik & Geotechnik



Schichtmächtigkeit den an den Standorten teils abweichenden Untergrundverhältnissen anzupassen.

Der Einbau des Bodenaustausches erfolgt aus gleichmäßig kornabgestuften und raumbeständigen Brechkorngemischen in Einzeleinbaulagen von höchstens $d = 0,30$ m und Verdichtung je Lage.

Ggf. kann eine Optimierung der Bodenaustauschmächtigkeit dadurch erreicht werden, wenn zwischen dem Austauschplanum und der Bodenaustauschschicht ein Geogitter mit Vlies eingelegt wird (TENAX GT HM 3).

Voraussetzung für das Erreichen der erforderlichen Tragfähigkeit in Oberkante der Verkehrsflächen ist eine entsprechend dimensionierte Schicht (obere Tragschicht) aus geeigneten mineralischen Gesteinen.

Zu diesem Zweck sollte durchlaufend, d.h. entlang aller verkehrsbeanspruchten Flächen der Einbau einer frostsicheren Oberbaukonstruktion aus gleichmäßig kornabgestuften und raumbeständigen, frostsicheren, frostbeständigen sowie einbau- und verdichtungsfähigem Brechkorngemisch vorgesehen werden (z.B. Korngröße 0 - 32 oder 0 - 45 mm). Sofern eine umweltrelevante Unbedenklichkeit und sonstige Eignung für den vorgesehenen Zweck vorliegt, kann auch Recycling - Material verwendet werden (besondere Freigabe erforderlich!).

Einbau und Verdichtung erfolgen gemäß den o.s. Anforderungen.

Zur Prüfung und Optimierung des Aufbaus wird das Anlegen von Testfeldern zwingend erforderlich. Das Erdplanum und die ggf. eingebauten Schichten (Bodenaustausch je nach Erfordernis und OK. Tragschicht) ist durch Lastplattendruckversuche abzunehmen. Die dauerhafte Standsicherheit der abgenommenen Flächen ist für die Bau- und Betriebszeit sicherzustellen.

Der vorab empfohlene Aufbau der Kranstellfläche ist nach Bekanntgabe der zum Einsatz kommenden Kräne / Kranlasten (auch Abmessungen der Aufstellflächen) durch Grundbruch- / Setzungsnachweise zu prüfen.

Im Übrigen gelten die Vorgaben des Anlagenherstellers.



9 Schlussbemerkungen

Sollten während der Arbeiten Abweichungen von den punktuell gewonnenen Erkundungsfeststellungen angetroffen werden, bitten wir rechtzeitig um Benachrichtigung. Dies gilt auch für Planungsänderungen gegenüber den zur Verfügung gestellten Bearbeitungsgrundlagen und Planunterlagen.

Das Gutachten gilt nur vollständig und nach Prüfung bzw. Abnahme der Empfehlungen sowie den Hinweisen zur Bauausführung durch den Baugrundsachverständigen. Wir bitten um Verständnis, dass nur nach örtlicher Prüfung während der bautechnischen Arbeiten Gewähr für die Richtigkeit des Gutachtens sowie der umgesetzten Baugrundbeurteilungen übernommen werden kann.

Für weitere ingenieurgeologische Beratungen stehen wir Ihnen selbstverständlich gerne zur Verfügung.

Aufgestellt: **Trencelburg, den 23.02.2023**

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG
vertreten durch Dr. Schubert Verwaltungsgesellschaft mbH
Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen
Geophysik & Geotechnik

Glockenstraße 1 • 34388 Trencelburg
Tel. 0 56 71 77 97 0 • Fax 0 56 71 77 97 10
E-Mail: info@bbu-schubert.de
www.bbu-schubert.de

Dr. Malte Schindler
Geschäftsführer

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG
vertreten durch Dr. Schubert Verwaltungsgesellschaft mbH
Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen
Geophysik & Geotechnik

M.Sc. Geowiss. Dennis Flenner
Projektbearbeitung - BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG
E-Mail: info@bbu-schubert.de
www.bbu-schubert.de

- | | | |
|----------------------------|---|--|
| Anlage 1.1 und 1.2 | - | Lageplan "Standort - Kranstellflächen - Zuwegung Standort WEA 08" mit Einkartierung der Erkundungs- und Prüfstellen sowie Übersichtsplan |
| Anlage 1.3 | - | Lageplan "Zuwegung Standort WEA 09" mit Einkartierung der Erkundungsstellen sowie Übersichtsplan |
| Anlage 2.1 bis 2.10 | - | Profilbalkendarstellung der Rammkernsondierungen |
| Anlage 3.1 bis 3.6 | - | Widerstandslinien der dynamischen Rammsondierungen |
| Anlage 4 | - | Analysebefund der bauchemischen Bodenbeprobung |
| Anlage 5.1 bis 5.4 | - | Geotechnische Nachweise |

Schutzvermerk ISO 16016

Die Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz. Alle Rechte vorbehalten.



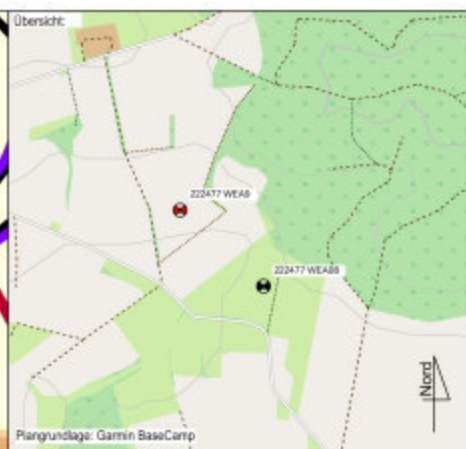
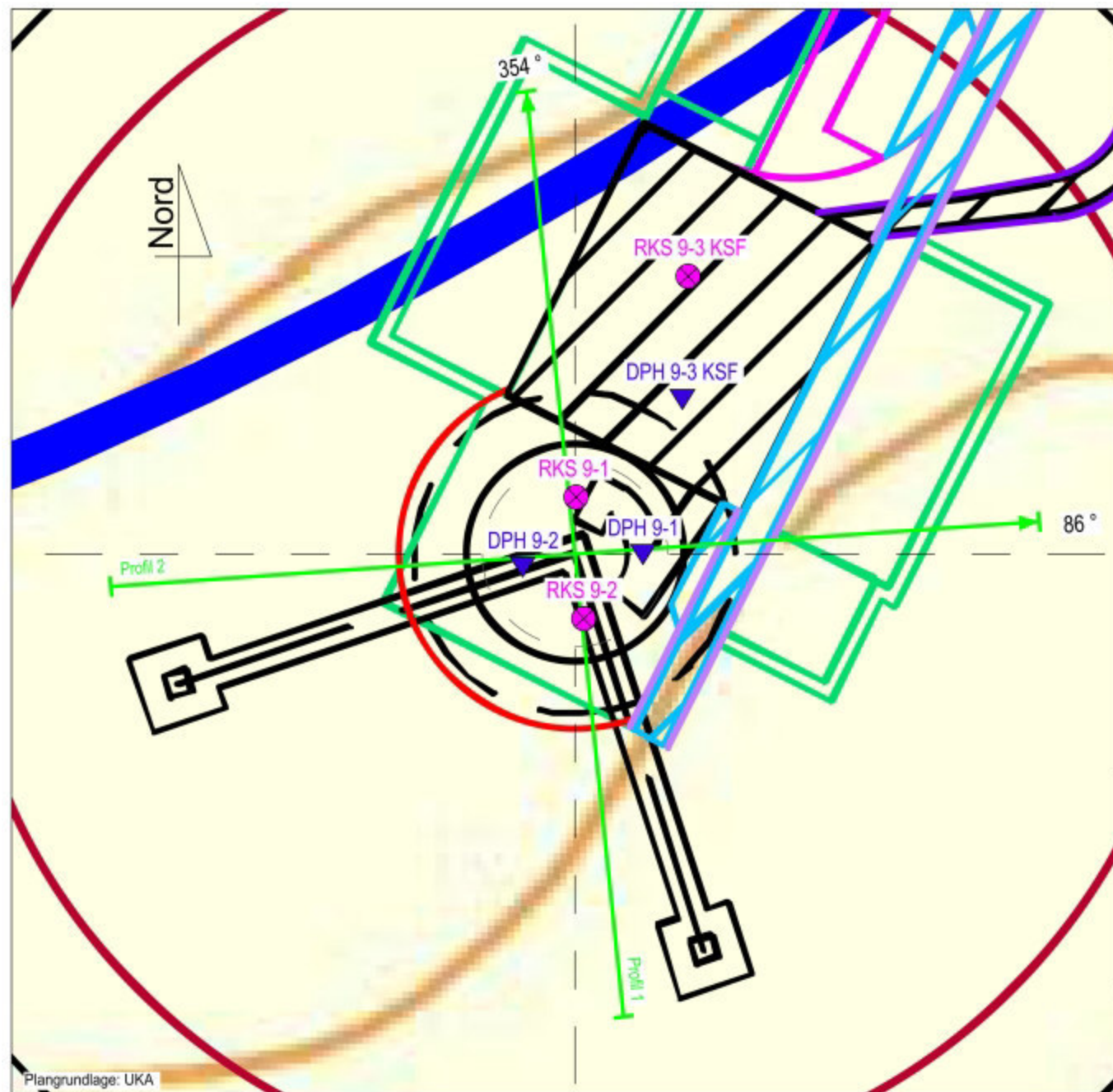
Legende:

- ⊗ RKS... Ansatzstelle der Rammkernsondierung
- ▼ DPH... Ansatzstelle der schweren Rammsondierung
- ↔ Geoelektrisches Messprofil

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG
 Angewandte Geologie, Baugrunderkundungsgewesen
 Geophysik & Geotechnik
 Glockenplatz 1 · 34388 Trendelburg
 Tel. 05671 / 77970 · Fax 05671 / 779710
 eMail: info@bbu-schubert.de · Homepage: www.bbu-schubert.de



Auftraggeber: UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG Dr.-Eberle-Platz 1 01662 Meißen	Projekt Nr.: 222477	Anlage: 1,1
Baumführer: WP Borgentreich-Ost III Errichtung von 2 WEA Borgentreich	Maßstab: (A3-Format) 1:800	Datum: 25.01.2023
	Gezeichnet: DW	Geprüft: DF
	Lageplan der Erkundungspunkte WEA8 + Zuwegung	



Legende:

- ⊗ RKS... Ansatzstelle der Rammkernsondierung
- ▼ DPH... Ansatzstelle der schweren Rammsondierung
- ↔ Geoelektrisches Messprofil

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG
 Angewandte Geologie, Baugrunderkundungsingenieurwesen
 Geophysik & Geotechnik
 Glückwiesplatz 1 · 34388 Treisdeburg
 Tel. 05671 / 77970 · Fax 05671 / 779710
 eMail: info@bbs-schubert.de · Homepage: www.bbs-schubert.de

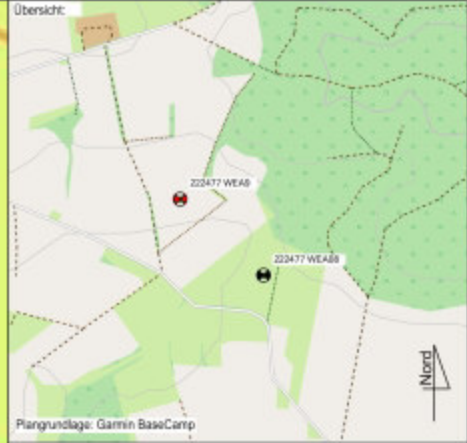


Auftraggeber: UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG Dr.-Eberle-Platz 1 01662 Meißen	Projekt Nr.: 222477	Anlage: 1.2
	Maßstab: (A3-Format) 1:500	Datum: 25.01.2023
Baumaßnahme: WP Borgentreich-Ost III Errichtung von 2 WEA Borgentreich	Gezeichnet: DW	Geprüft: DF
Planinhalt: Lageplan der Erkundungspunkte WEA9		


Nord



Plangrundlage: UKA



Legende:

- RKS...  Ansatzstelle der Rammkernsondierung

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG

Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen
Geophysik & Geotechnik
Glockenplatz 1 · 34388 Trenzeburg
Tel. 05671 77970 · Fax 05671 779710
eMail: info@bsb-schubert.de · Homepage: www.bbu-schubert.de



Auftraggeber: UKA Umweltgerechte Kraftalgen GmbH & Co. KG Dr.-Eberle-Platz 1 01662 Meißen Baumsfährne	Projekt Nr: 222477	Anlage: 1,3
	Maßstab: (A3-Format) 1:1300	Datum: 25.01.2023
	Gezeichnet: DW	Geprüft: DF
WP Borgentreich-Ost III Errichtung von 2 WEA Borgentreich	Planinhalt: Lageplan der Erkundungspunkte Zuwegung (WEA9)	

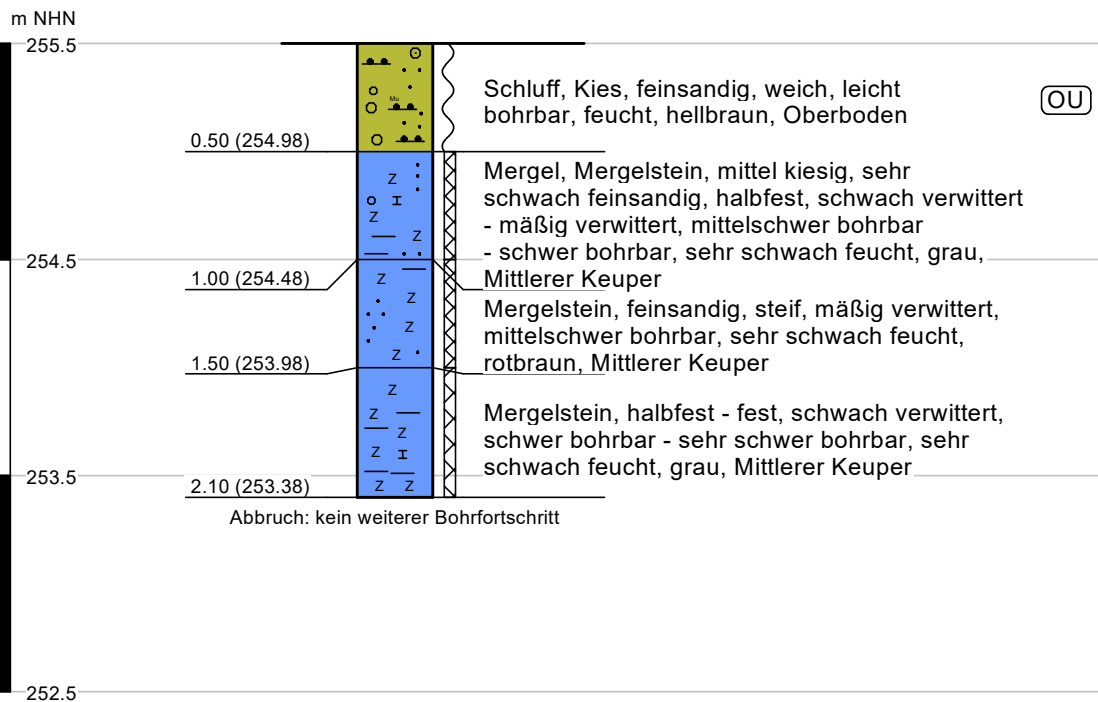
Windpark Borgentreich-Ost III
 Errichtung von 2 WEA

Projektnummer:
 222477-1
 Anlage:
 2.1

Profil einer Rammkernsondierung
 Maßstab der Höhe ca.: 1:35

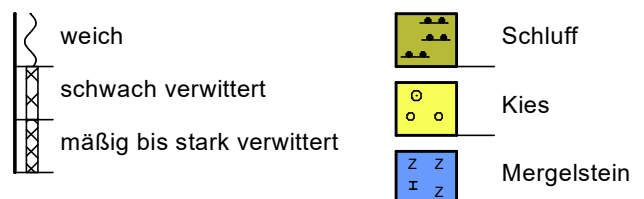
WEA 8 - RKS 1

255,48 m



Hinweis:
 Koordinaten (UTM Zone 32):
 519936.09 m E 5714955.71 m N
 Höhe: 255,48 m
 Kein Grundwasser angetroffen
 ausgeführt am 17.01.2023

Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten



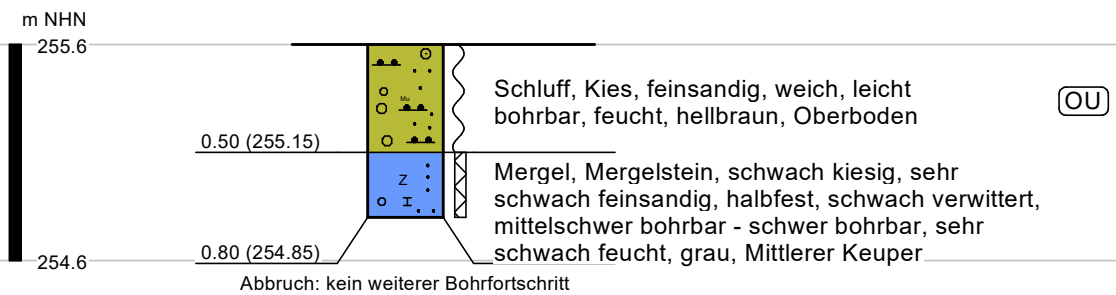
Windpark Borgentreich-Ost III
 Errichtung von 2 WEA

Projektnummer:
 222477-1
 Anlage:
 2.2

Profil einer Rammkernsondierung
 Maßstab der Höhe ca.: 1:35

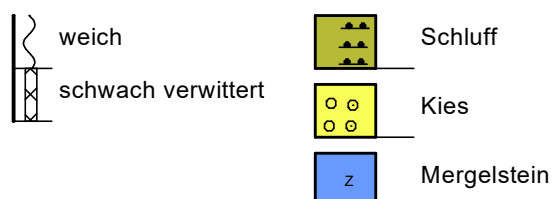
WEA 8 - RKS 2

255,65 m



Hinweis:
 Koordinaten (UTM Zone 32):
 519919.01 m E 5714960.72 m N
 Höhe: 255,65
 Kein Grundwasser angetroffen
 ausgeführt am 17.01.2023

Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten



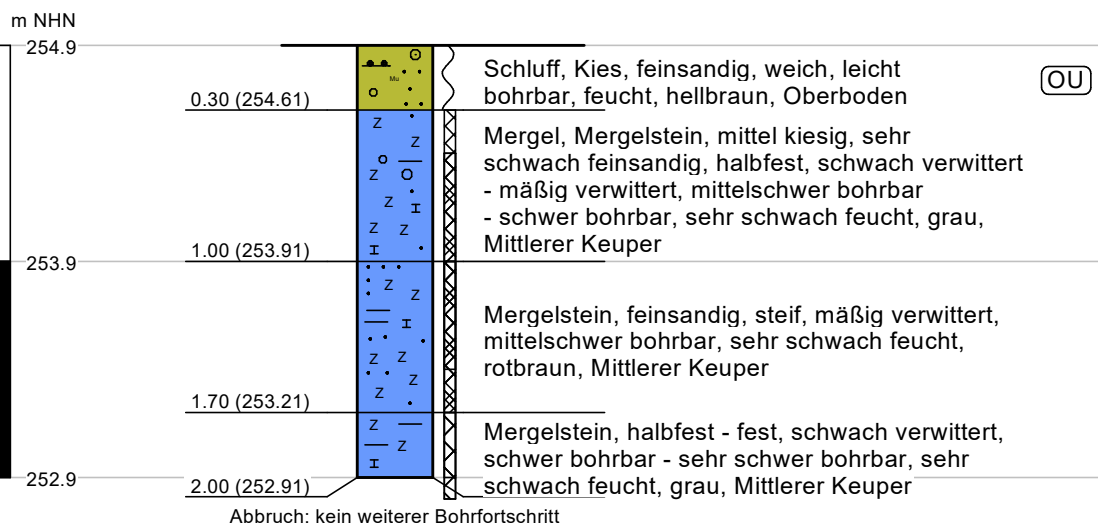
Windpark Borgentreich-Ost III
 Errichtung von 2 WEA

Projektnummer:
 222477-1
 Anlage:
 2.3

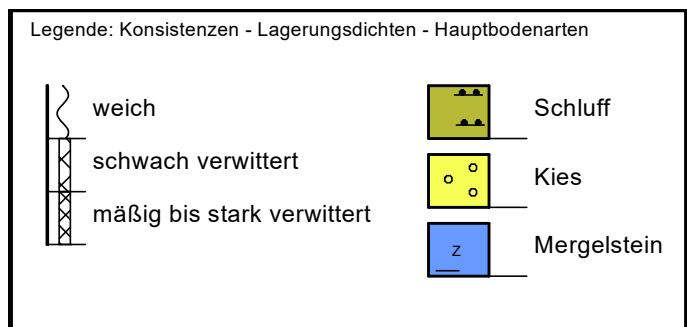
Profil einer Rammkernsondierung
 Maßstab der Höhe ca.: 1:35

WEA 8 - RKS 3

254,91 m



Hinweis:
 Koordinaten (UTM Zone 32):
 519927.48 m E 5714932.90 m N
 Höhe: 254,91 m
 Kein Grundwasser angetroffen
 Der Untersuchungspunkt liegt auf der Kranstellfläche.
 ausgeführt am 17.01.2023



Windpark Borgentreich-Ost III
 Errichtung von 2 WEA

Projektnummer:
 222477-1
 Anlage:
 2.4

Profil einer Rammkernsondierung
 Maßstab der Höhe ca.: 1:35

WEA 8 - RKS 4

252,80 m

m NHN

252.8

0.50 (252.30)

0.70 (252.10)

251.8

1.00 (251.80)

1.40 (251.40)

250.8

1.90 (250.90)

2.00 (250.80)

Abbruch: kein weiterer Bohrfortschritt

Schluff, Kies, feinsandig, weich, leicht
 bohrbar, feucht, hellbraun, Oberboden

OU

Kies, schluffig, feinsandig, steif - halbfest,
 mittelschwer bohrbar, sehr schwach feucht,
 braun

GW

Mergel, Mergelstein, mittel kiesig, sehr
 schwach feinsandig, halbfest, schwach verwittert
 - mäßig verwittert, mittelschwer bohrbar
 - schwer bohrbar, sehr schwach feucht, grau,
 Mittlerer Keuper

Kies, schluffig, feinsandig, steif - halbfest,
 mittelschwer bohrbar, sehr schwach feucht,
 braun

Mergelstein, feinsandig, steif, mäßig verwittert,
 mittelschwer bohrbar, sehr schwach feucht,
 rotbraun, Mittlerer Keuper

Mergelstein, halbfest - fest, schwach verwittert,
 schwer bohrbar - sehr schwer bohrbar, sehr
 schwach feucht, grau, Mittlerer Keuper

Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten



steif - halbfest

weich

schwach verwittert

mäßig bis stark verwittert



Schluff



Kies



Mergelstein

Hinweis:

Koordinaten (UTM Zone 32):
 519927.48 m E 5714932.90 m N
 Höhe: 254,91 m
 Kein Grundwasser angetroffen
 Der Untersuchungspunkt liegt
 auf der Zuwegung.

ausgeführt am 17.01.2023

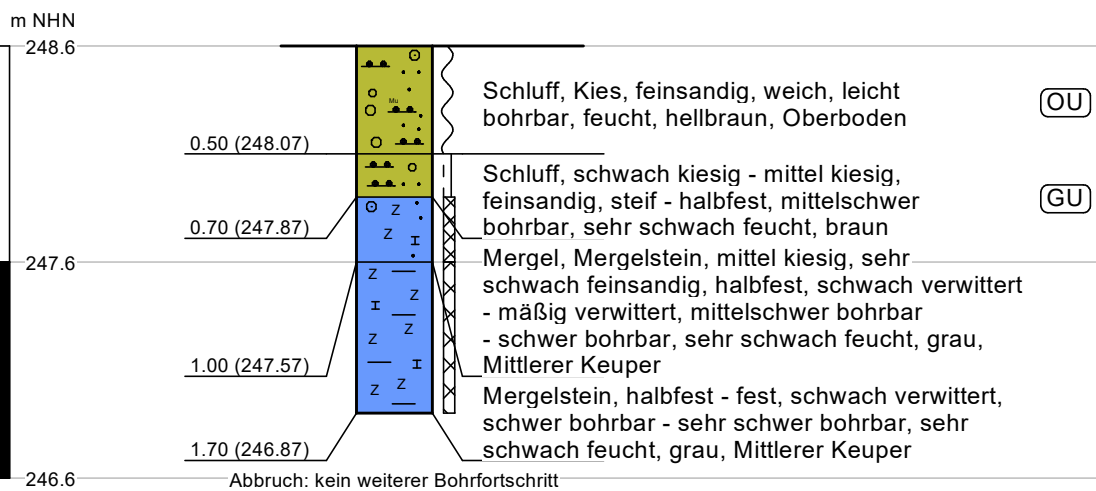
Windpark Borgentreich-Ost III
 Errichtung von 2 WEA

Projektnummer:
 222477-1
 Anlage:
 2.5

Profil einer Rammkernsondierung
 Maßstab der Höhe ca.: 1:35

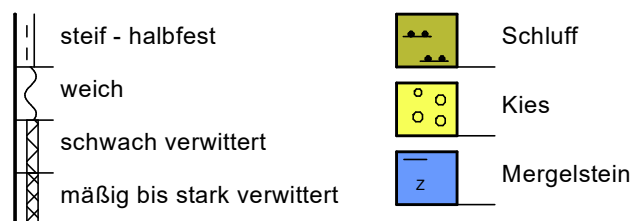
WEA 8 - RKS 5

248,57 m



Hinweis:
 Koordinaten (UTN Zone 32):
 519952.26 m E 5714818.25 m N
 Höhe: 248,57 m
 Kein Grundwasser angetroffen
 Der Untersuchungspunkt liegt
 auf der Zuwegung
 ausgeführt am 17.01.2023

Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten

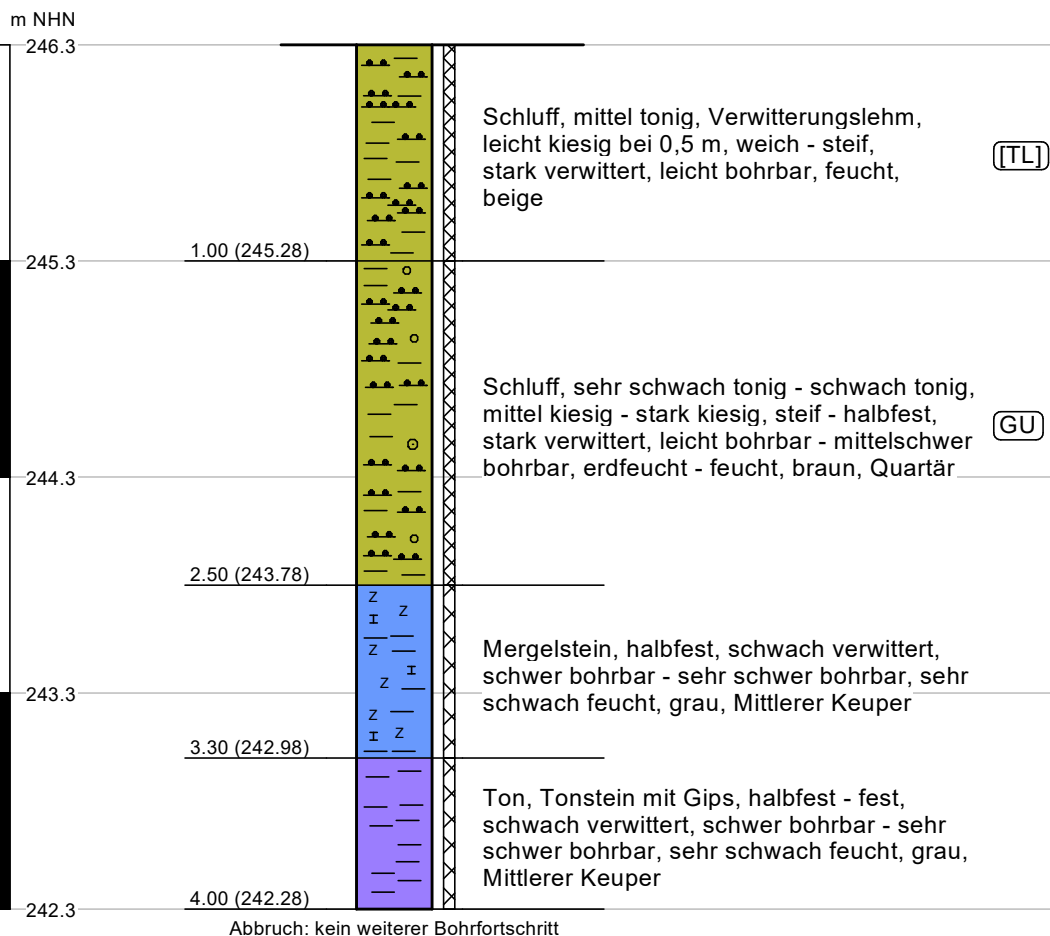


Windpark Borgentreich-Ost III
 Errichtung von 2 WEA

Projektnummer:
 222477-1
 Anlage:
 2.6

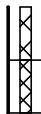




Profil einer Rammkernsondierung
 Maßstab der Höhe ca.: 1:35

WEA 9 - RKS 1
 246,28 m



Hinweis:
 Koordinaten (UTM Zone 32):
 519630.28 m E 5715236.43 m N
 Höhe: 246,28 m
 Kein Grundwasser angetroffen
 ausgeführt am 17.01.2023

Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten

	schwach verwittert		Ton
	mäßig bis stark verwittert		Schluff
			Mergelstein

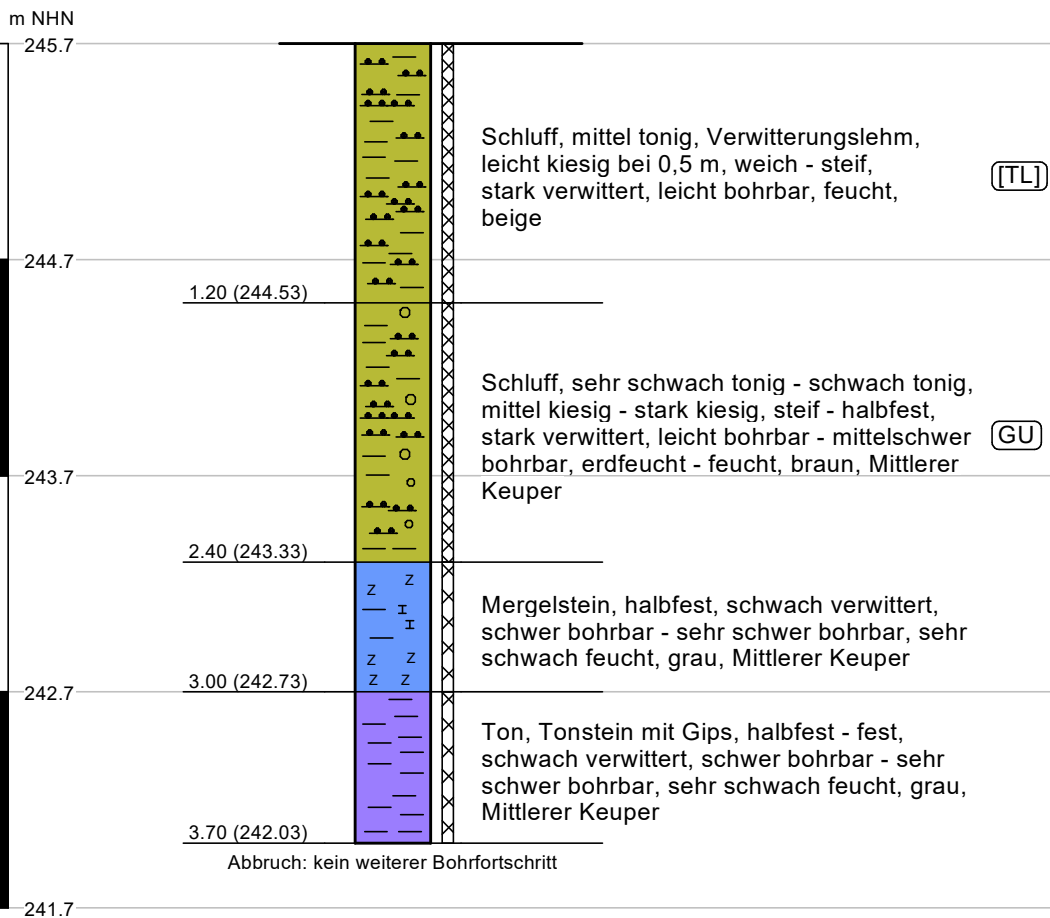
Windpark Borgentreich-Ost III
 Errichtung von 2 WEA

Projektnummer:
 222477-1
 Anlage:
 2.7

Profil einer Rammkernsondierung
 Maßstab der Höhe ca.: 1:35

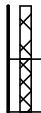




WEA 9 - RKS 2

245,73 m



Hinweis:
 Koordinaten (UTM Zone 32):
 519631.29 m E 5715220.31 m N
 Höhe: 245,73 m
 Kein Grundwasser angetroffen
 ausgeführt am 17.01.2023

Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten

	schwach verwittert		Ton
	mäßig bis stark verwittert		Schluff
			Mergelstein

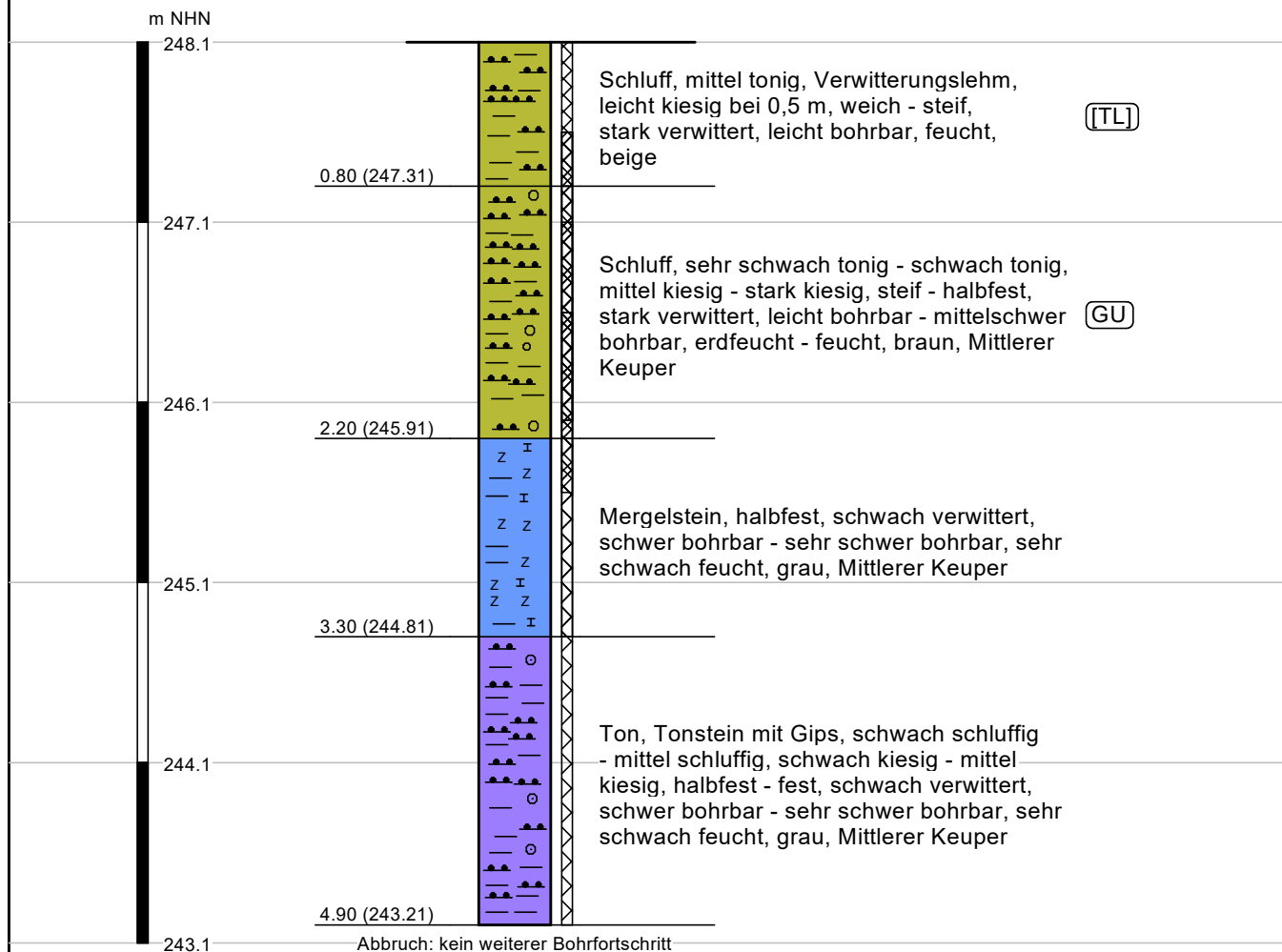
Windpark Borgentreich-Ost III
 Errichtung von 2 WEA

Projektnummer:
 222477-1
 Anlage:
 2.8

Profil einer Rammkernsondierung
 Maßstab der Höhe ca.: 1:40

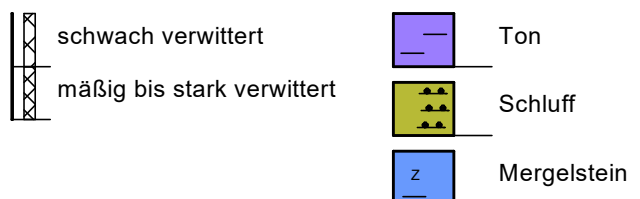
WEA 9 - RKS 3

248,11 m



Hinweis:
 Koordinaten (UTM Zone 32):
 519645.03 m E 5715265.63 m N
 Höhe: 248,11 m
 Kein Grundwasser angetroffen
 Der Untersuchungspunkt befindet
 sich auf der Kranstellfläche
 ausgeführt am 17.01.2023

Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten



Windpark Borgentreich-Ost III
 Errichtung von 2 WEA

Projektnummer:
 222477-1

Anlage:
 2.9

Profil einer Rammkernsondierung
 Maßstab der Höhe ca.: 1:40

WEA 9 - RKS 4

265,51 m

m NHN

265.5

0.20 (265.31)

264.5

1.00 (264.51)

263.5

2.10 (263.41)

262.5

2.60 (262.91)

3.00 (262.51)

Abbruch

Schluff, mittel tonig, Verwitterungslehm,
 leicht kiesig bei 0,5 m, weich - steif,
 stark verwittert, leicht bohrbar, feucht,
 beige

(TTL)

Schluff, schwach tonig - mittel tonig, feinsandig,
 weich - steif, stark verwittert, sehr leicht
 bohrbar, erdfeucht - feucht, beigebraun,
 Quartär

(TTL)

Schluff, schwach tonig, schwach kiesig, einzelene
 dünne Kieslagen, sehr schwach feinsandig,
 weich - steif, stark verwittert, sehr leicht
 bohrbar, erdfeucht - erdfeucht - feucht,
 beigebraun, Quartär

(GU)

Schluff, schwach tonig, sehr schwach feinsandig,
 steif, stark verwittert, sehr leicht bohrbar,
 erdfeucht - feucht - feucht, beigebraun,
 Quartär

(TTL)

Schluff, sehr schwach tonig, mittel kiesig
 - stark kiesig, sehr schwach feinsandig,
 Verwitterungszone, steif - halbfest, mäßig
 verwittert, mittelschwer bohrbar, erdfeucht
 - feucht - feucht, beige-grau, Quartär

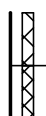
(GU)

Hinweis:

Koordinaten (UTM Zone 32):
 519745.00 m E 5715514.00 m N
 Höhe: 265,51 m
 Kein Grundwasser angetroffen
 Der Untersuchungspunkt befindet
 sich auf der Zuwegung

ausgeführt am 17.01.2023

Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten



schwach verwittert

mäßig bis stark verwittert



Ton

Schluff

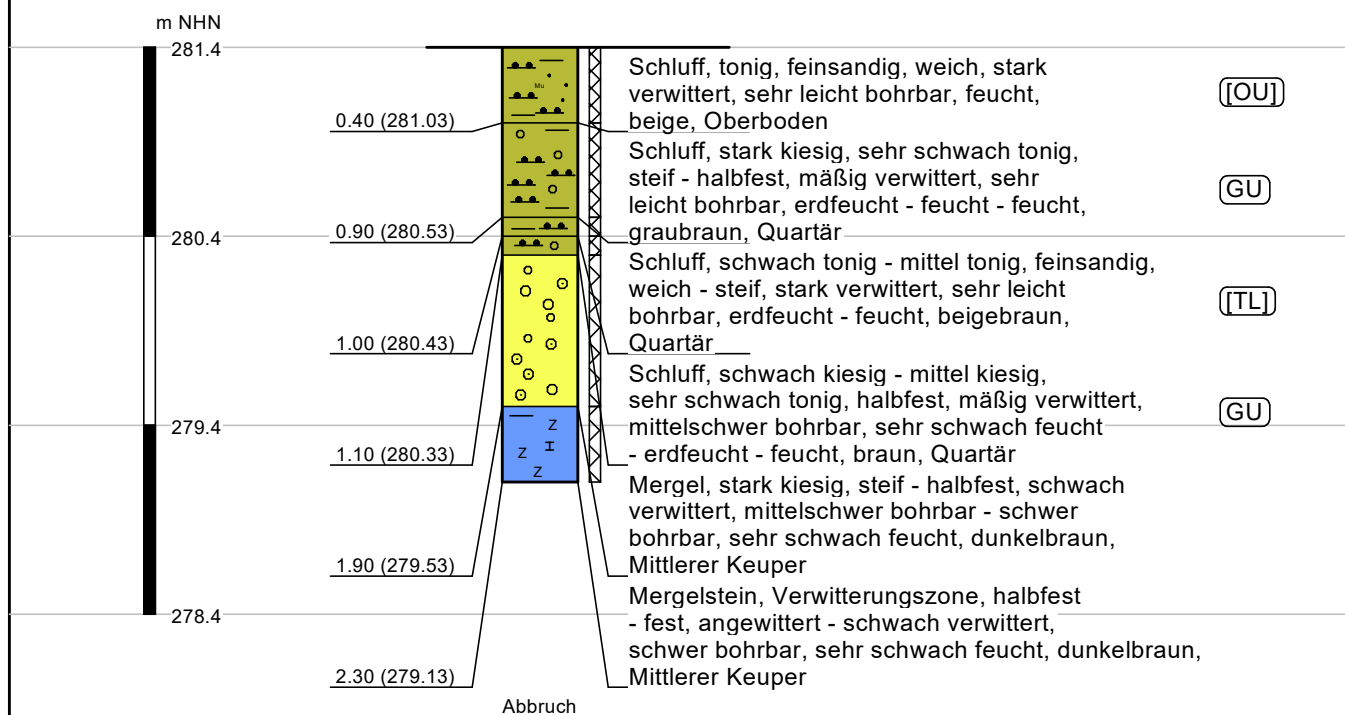
Windpark Borgentreich-Ost III
 Errichtung von 2 WEA

Projektnummer:
 222477-1
 Anlage:
 2.10

Profil einer Rammkernsondierung
 Maßstab der Höhe ca.: 1:40

WEA 9 - RKS 5







281,43 m



Hinweis:
 Koordinaten (UTM Zone 32):
 519719.00 m E5715776.00 m N
 Höhe: 281,43 m
 Kein Grundwasser angetroffen
 Der Untersuchungspunkt befindet
 sich auf der Zuwegung

ausgeführt am 17.01.2023

Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten

- | | | |
|--|--|---|
|  schwach verwittert |  Ton |  Mergelstein |
|  mäßig bis stark verwittert |  Schluff | |
| |  Kies | |

Windpark Borgentreich-Ost III
 Errichtung von 2 WEA

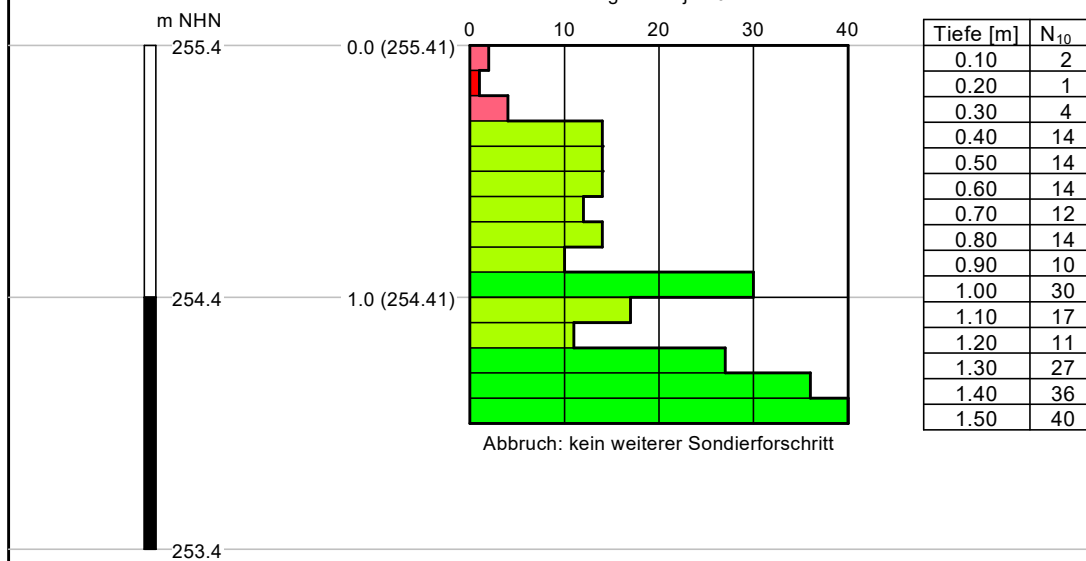
Projektnummer:
222477-1

Anlage:
3.1

Profil einer Rammsondierung
 Maßstab der Höhe ca.: 1:30

WEA 8 - DPH 1
 255,41 m

Schlagzahlen je 10 cm



Legende DPH

- sehr weich
- weich
- steif
- halbfest
- fest

Hinweis:
 Koordinaten (UTM Zone 32):
 519928.03 m E 5714948.06 m N
 Höhe: 255,41 m
 Kein Grundwasser angetroffen
 ausgeführt am 17.01.2023

Windpark Borgentreich-Ost III
 Errichtung von 2 WEA

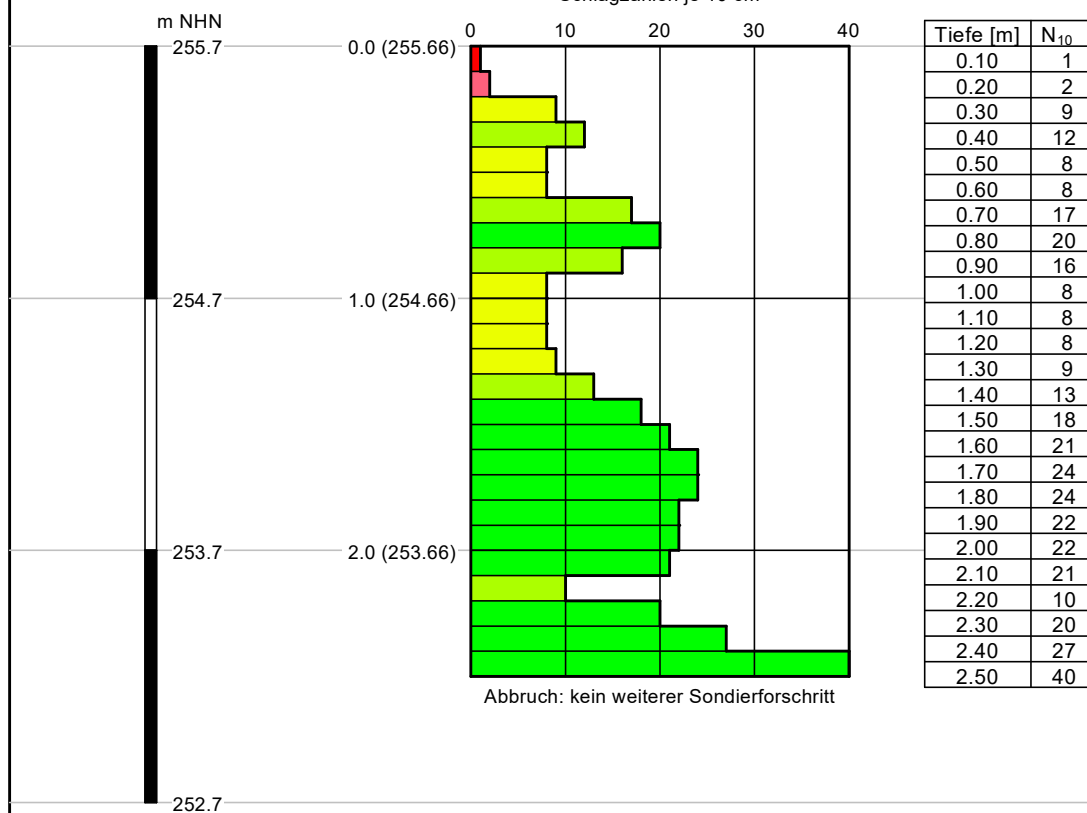
Projektnummer:
222477-1

Anlage:
3.2

Profil einer Rammsondierung
 Maßstab der Höhe ca.: 1:30

WEA 8 - DPH 2
 255,66 m

Schlagzahlen je 10 cm



Abbruch: kein weiterer Sondierfortschritt

Legende DPH

- sehr weich
- weich
- steif
- halbfest
- fest

Hinweis:
 Koordinaten (UTM Zone 32):
 519928.87 m E 5714965.97 m N
 Höhe: 255,66 m
 Kein Grundwasser angetroffen
 ausgeführt am 17.01.2023

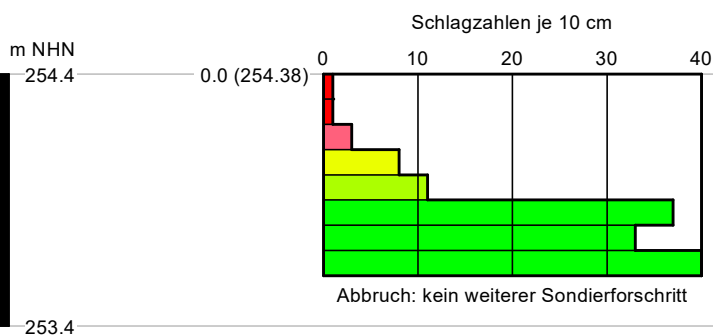
Windpark Borgentreich-Ost III
Errichtung von 2 WEA

Projektnummer:
222477-1

Anlage:
3.3

Profil einer Rammsondierung
Maßstab der Höhe ca.: 1:30

WEA 8 - DPH 3
254,38 m



Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	1
0.20	1
0.30	3
0.40	8
0.50	11
0.60	37
0.70	33
0.80	40

Hinweis:
Koordinaten (UTM Zone 32):
519940.44 m E 5714919.80 m N
Höhe:254,38 m
Kein Grundwasser angetroffen
Der Untersuchungspunkt befindet
sich auf der Kranstellfläche
ausgeführt am 17.01.2023

Legende DPH

	sehr weich
	weich
	steif
	halbfest
	fest

Windpark Borgentreich-Ost III
 Errichtung von 2 WEA

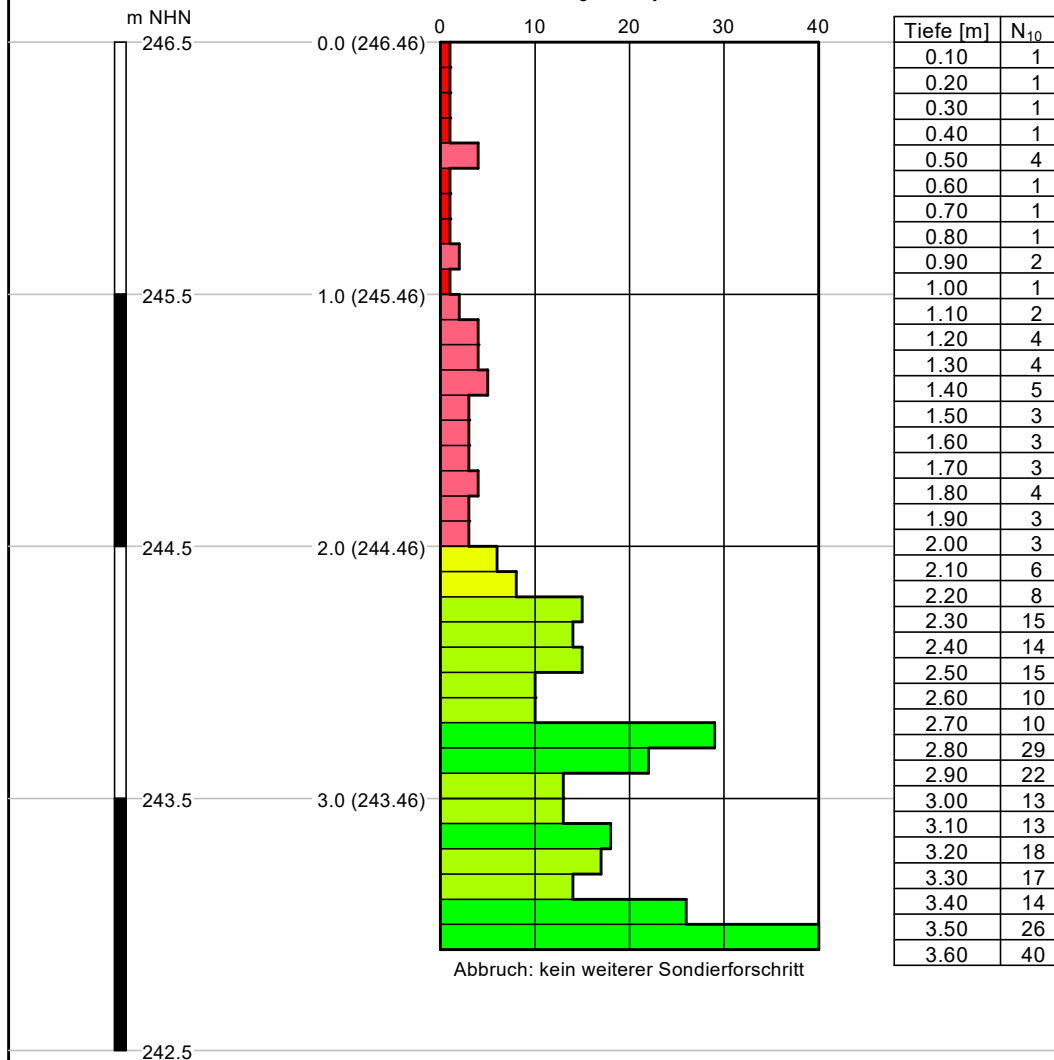
Projektnummer:
222477-1

Anlage:
3.4

Profil einer Rammsondierung
 Maßstab der Höhe ca.: 1:30

WEA 9 - DPH 1
 246,46 m

Schlagzahlen je 10 cm



Hinweis:
 Koordinaten (UTM Zone 32):
 519639.00 m E 5715229.28 m N
 Höhe: 246,46 m
 Kein Grundwasser angetroffen
 ausgeführt am 23.01.2023

Legende DPH

- sehr weich
- weich
- steif
- halbfest
- fest

Windpark Borgentreich-Ost III
 Errichtung von 2 WEA

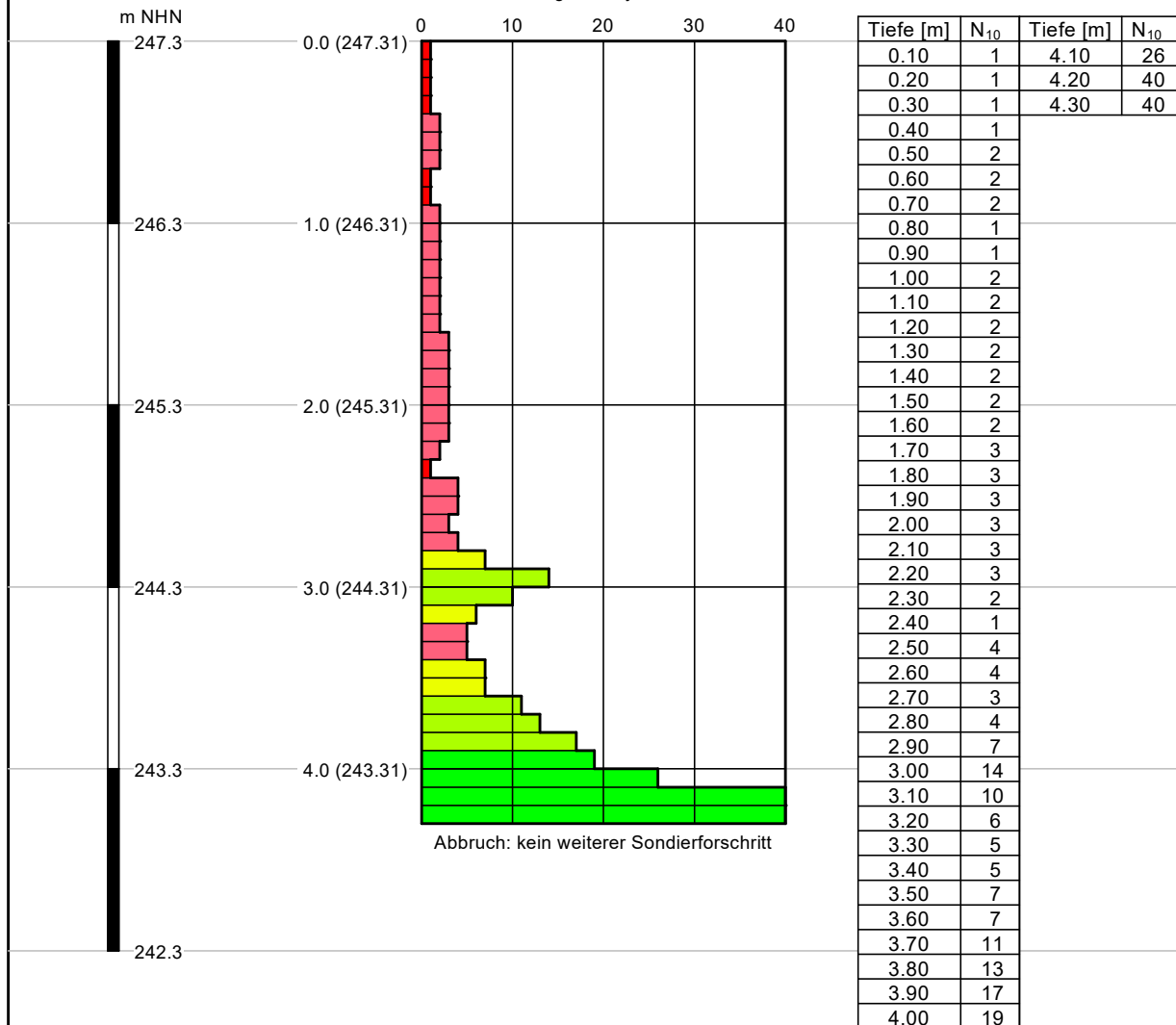
Projektnummer:
222477-1

Anlage:
3.5

Profil einer Rammsondierung
 Maßstab der Höhe ca.: 1:30

WEA 9 - DPH 2
 247,31 m

Schlagzahlen je 10 cm



Legende DPH

- sehr weich
- weich
- steif
- halbfest
- fest

Hinweis:
 Koordinaten (UTM Zone 32):
 519623.15 m E5715227.55 m N
 Höhe:247,31 m
 Kein Grundwasser angetroffen
 ausgeführt am 23.01.2023

Windpark Borgentreich-Ost III
 Errichtung von 2 WEA

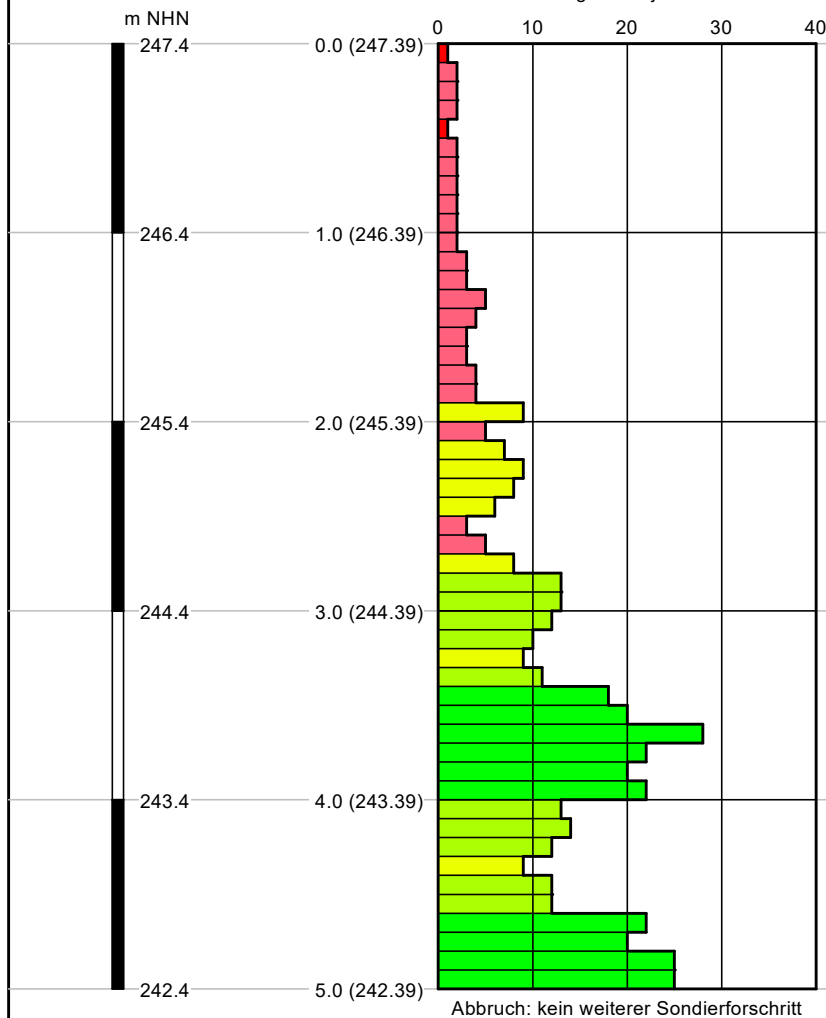
Projektnummer:
222477-1

Anlage:
3.6

Profil einer Rammsondierung
 Maßstab der Höhe ca.: 1:30

WEA 9 - DPH 3
 247,39 m

Schlagzahlen je 10 cm



Tiefe [m]	N ₁₀	Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	1	4.10	13
0.20	2	4.20	14
0.30	2	4.30	12
0.40	2	4.40	9
0.50	1	4.50	12
0.60	2	4.60	12
0.70	2	4.70	22
0.80	2	4.80	20
0.90	2	4.90	25
1.00	2	5.00	25
1.10	2		
1.20	3		
1.30	3		
1.40	5		
1.50	4		
1.60	3		
1.70	3		
1.80	4		
1.90	4		
2.00	9		
2.10	5		
2.20	7		
2.30	9		
2.40	8		
2.50	6		
2.60	3		
2.70	5		
2.80	8		
2.90	13		
3.00	13		
3.10	12		
3.20	10		
3.30	9		
3.40	11		
3.50	18		
3.60	20		
3.70	28		
3.80	22		
3.90	20		
4.00	22		

Abbruch: kein weiterer Sondierfortschritt

Hinweis:
 Koordinaten (UTM Zone 32):
 519644.29 m E5715249.74 m N
 Höhe:247,39 m
 Kein Grundwasser angetroffen
 Der Untersuchungspunkt befindet
 sich auf der Kranstellfläche
 ausgeführt am 23.01.2023

Legende DPH

- sehr weich
- weich
- steif
- halbfest
- fest

Auftraggeber

BBU Dr. Schubert
 GmbH & Co. KG
 Glockenplatz 1
 34388 Trendelburg
 Tel. 05671 - 77970
 Fax. 05671 - 779710
 eMail. info@bbu-schubert.de

**Auftragnehmer**

AGROLAB Labor GmbH
 Dr. Pauling- Straße 3
 84079 Bruckberg
 Tel.: 08765 / 93 99 6-44
 Fax. 08765 / 93 99 6-28
 eMail. feststoff.bruckberg@agrolab.de



1

Probenbegleitschein

Projektnummer*	222477-1
Projektname*	WP Borgentreich-Ost III
Probennehmer*	Dennis Flenner
Entnahmeort *	Borgentreich WEA 08 und WEA 09
Entnahmedatum*	17.01.2023
Probenanzahl	2
Ergebnisabgabe	So bald es geht (spätestens)

* Bitte auf dem Prüfbericht angeben

Probenart	Probenbezeichnung	Untersuchungsumfang
Boden	MP 1 WEA 08	Betonaggressivität
Boden	MP 2 WEA 09	Betonaggressivität

.....
Datum.....
Unterschrift

Bitte beachten: Alle Prüfberichte mit entsprechender Grenzwertliste versehen & per eMail vorab an info@bbu-schubert.de

eMail Betreffzeile: Projektnummer, Projektname, Probennehmer; hier: z.B. Vorabbefund etc.

AGROLAB Labor GmbH

Dr.-Pauling-Str. 3, 84079 Bruckberg, Germany
Fax: +49 (08765) 93996-28
www.agrolab.de



AGROLAB Labor GmbH, Dr.-Pauling-Str.3, 84079 Bruckberg

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG
Glockenplatz 1
Eberschütz
34388 Trendelburg

Datum 31.01.2023
Kundennr. 27055138

PRÜFBERICHT

Auftrag **3372327 222477-1 WP Borgentreich-Ost III WEA 08 und WEA 09, Dennis Flenner**
Analysennr. **676014 Mineralisch/Anorganisches Material**
Probeneingang **23.01.2023**
Probenahme **17.01.2023**
Probenehmer **Auftraggeber (Dennis Flenner)**
Kunden-Probenbezeichnung **MP 1 WEA 08**

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

Feststoff

Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Methode
Analyse in der Gesamtfraktion			DIN 19747 : 2009-07
Trockensubstanz %	° 92,1	0,1	DIN EN 14346 : 2007-03, Verfahren A
Sulfat ^{u) *)} mg/kg	426	100	DIN 4030 (mod.)(PL)
Säuregrad n. Baumann-Gully ^{*)} ml/kg	18	1	DIN 4030-2 : 2008-06

Die parameterspezifischen analytischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen. Die Mindestleistungskriterien der angewandten Verfahren beruhen bezüglich der Messunsicherheit in der Regel auf der Richtlinie 2009/90/EG der Europäischen Kommission.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

u) externe Dienstleistung eines AGROLAB GROUP Labors

Untersuchung durch

(PL) AWW-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jölnitzer Str. 113, 08525 Plauen

Methoden

DIN 4030 (mod.)

Beginn der Prüfungen: 23.01.2023

Ende der Prüfungen: 31.01.2023

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.

AGROLAB Labor GmbH, Manfred Kanzler, Tel. 08765/93996-700
serviceteam4.bruckberg@agrolab.de

Kundenbetreuung

Dieser elektronisch übermittelte Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der EN ISO/IEC 17025:2017 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

AG Landshut
HRB 7131
Ust/VAT-Id-Nr.:
DE 128 944 188

Geschäftsführer
Dr. Carlo C. Peich
Dr. Paul Wimmer
Dr. Torsten Zurmühl



Seite 1 von 1

Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-14289-01-00

AGROLAB Labor GmbH

Dr.-Pauling-Str. 3, 84079 Bruckberg, Germany
Fax: +49 (08765) 93996-28
www.agrolab.de



AGROLAB Labor GmbH, Dr.-Pauling-Str.3, 84079 Bruckberg

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG
Glockenplatz 1
Eberschütz
34388 Trendelburg

Datum 31.01.2023
Kundennr. 27055138

PRÜFBERICHT

Auftrag **3372327 222477-1 WP Borgentreich-Ost III WEA 08 und WEA 09, Dennis Flenner**
Analysennr. **676015 Mineralisch/Anorganisches Material**
Probeneingang **23.01.2023**
Probenahme **17.01.2023**
Probenehmer **Auftraggeber (Dennis Flenner)**
Kunden-Probenbezeichnung **MP 1 WEA 09**

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

Feststoff

Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Methode
Analyse in der Gesamtfraktion			DIN 19747 : 2009-07
Trockensubstanz %	82,3	0,1	DIN EN 14346 : 2007-03, Verfahren A
Sulfat ^{u) *)} mg/kg	396	100	DIN 4030 (mod.)(PL)
Säuregrad n. Baumann-Gully ^{*)} ml/kg	23	1	DIN 4030-2 : 2008-06

Die parameterspezifischen analytischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen. Die Mindestleistungskriterien der angewandten Verfahren beruhen bezüglich der Messunsicherheit in der Regel auf der Richtlinie 2009/90/EG der Europäischen Kommission.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

u) externe Dienstleistung eines AGROLAB GROUP Labors

Untersuchung durch

(PL) AWW-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jölsnitzer Str. 113, 08525 Plauen

Methoden

DIN 4030 (mod.)

Beginn der Prüfungen: 23.01.2023

Ende der Prüfungen: 31.01.2023

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.

AGROLAB Labor GmbH, Manfred Kanzler, Tel. 08765/93996-700
serviceteam4.bruckberg@agrolab.de

Kundenbetreuung

Dieser elektronisch übermittelte Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der EN ISO/IEC 17025:2017 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

AG Landshut
HRB 7131
Ust/VAT-Id-Nr.:
DE 128 944 188

Geschäftsführer
Dr. Carlo C. Peich
Dr. Paul Wimmer
Dr. Torsten Zurmühl



BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG

Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen
Geophysik & Geotechnik



BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG · Glockenplatz 1 · 34388 Trendelburg

UKA Umweltgerechte Kraftanlagen
GmbH & Co. KG
Max Schuller-Seyffarth
Dr.-Eberle-Platz 1
01662 Meißen

Gutachten Nr.

222477-1

Ansprechpartner:

Dennis Flenner

Datum:

25.01.2023

Telefon:

0 56 71 – 77 97 0

Fax:

0 56 71 – 77 97 10

eMail:

info@bbu-schubert.de

www.bbu-schubert.de

INGENIEURGEOPHYSIKALISCHE STELLUNGNAHME

Borgentreich – Windpark Borgentreich Ost III – Errichtung von 2 WEA

Hier: Geophysikalische Untersuchung zur Beurteilung auf Gefährdungen durch Verkarstung und tektonische Störungen

Bauvorhaben: Windpark Borgentreich Ost III
Errichtung von 2 WEAs
Typ: Nordex N163 6.8 MW NH 118 m (WEA 09) und Nordex
N163 6.8 MW NH 164 m (WEA 08)

Bauherr: UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG
Dr.-Eberle-Platz 1
01662 Meißen

Auftraggeber: wie vor

Nachfolgend wird die Ingenieurgeophysikalische Stellungnahme mit den Seiten 2 bis 24 vorgelegt.



Inhaltsverzeichnis

1	Bauvorhaben.....	3
2	Vorgang und Auftrag	5
3	Grundlagen; Bearbeitungsunterlagen.....	5
4	Örtliche Situation, geologischer Untergrund	6
5	Geophysikalische Messungen.....	8
6	Bestimmung des spezifischen Erdwiderstandes	22
7.	Schlussbemerkungen.....	24

1 Bauvorhaben

Die **UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG**, beabsichtigt nordwestlich der Ortschaft Bühne (Kreis Höxter), die Errichtung und den Betrieb von 2 Windenergieanlagen. Zur Aufstellung vorgesehen ist das Anlagensystem:

- Nordex N163 6.8 MW NH 164 m (WEA 08)
- Nordex N163 6.8 MW NH 118 m (WEA 09)

Der Bericht enthält in den **Anlagen 1.1 bis 1.3** Lageplanausschnitte mit Darstellung der Einzelstandorte.

Nachstehende Abbildung zeigt die geplante Verortung der Standorte, sowie die Messprofile der geophysikalischen und die Untersuchungspunkte der geotechnischen Untersuchung:

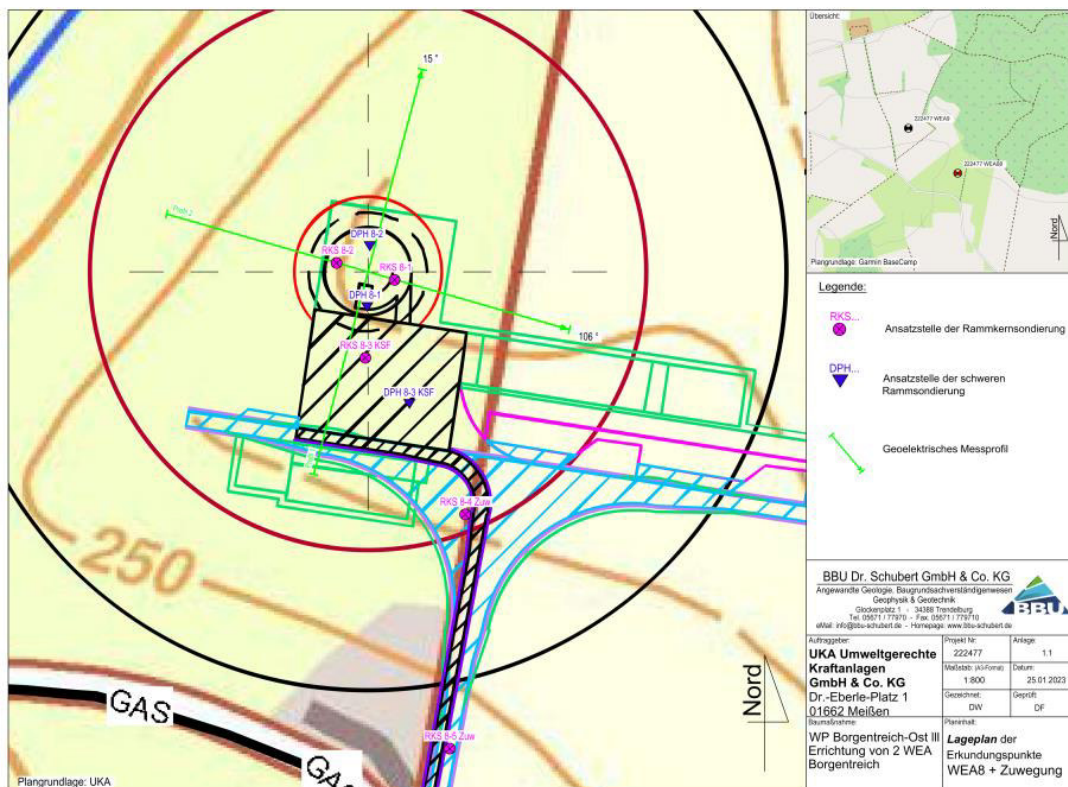


Abbildung 1.1: Verortung des Standortes WEA 08

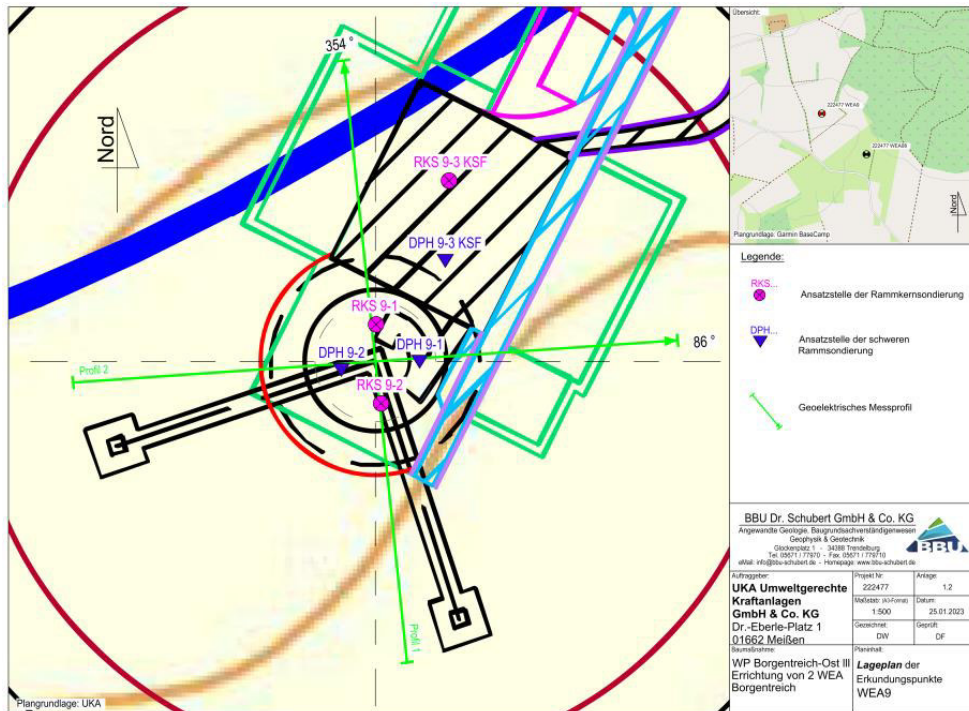


Abbildung 1.2: Verortung des Standortes WEA 09



Abbildung 1.3: Verortung der Zuwegung zu dem Standort WEA 09



2 Vorgang und Auftrag

Zur Prüfung der geotechnischen Rahmenbedingungen und für die Beurteilung einer technisch einwandfreien und sicheren Gründungsausführung wird die Erkundung der anstehenden Boden- und Bodenwasserverhältnisse erforderlich.

Im geplanten Windpark liegt potentiell auslaugungsfähiges Gestein vor. Aus diesem Grund sollen im Vorfeld der Planungen des Windparks zusätzlich geophysikalische Untersuchungen durchgeführt werden. Diese dienen der Detektion von Hohlräumen oder anderen Gefährdungen durch Verkarstung. Durch die frühzeitige Erkennung dieser Gefährdungen sollen die Standorte genauer definiert werden.

In diesem Zusammenhang hat der **Auftraggeber** die **BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG, Trendelburg**, beauftragt, die im Gründungseinwirkungsbereich der geplanten Standorte vorhandenen Untergrundverhältnisse festzustellen, auf deren Grundlage eine Empfehlung für die Gründung zu bearbeiten sowie die anlagenherstellerseitigen Zulässigkeitskriterien entsprechend den Vorgaben zu bestätigen.

Gemäß der vorstehenden Zielsetzung wird das Ergebnis der **orientierenden Voruntersuchung** mit nachfolgendem **Ingenieurgeophysikalischen Gutachten** dargestellt, ausgewertet und bekannt gegeben.

Das eigentliche Baugrundgutachten mit Gründungsempfehlungen nach DIN 4020 folgt nach Fertigstellung aller Untersuchungen.

Anmerkung: Der örtlich begrenzte Untersuchungsumfang kann Änderungen der außerhalb des Untersuchungsbereiches anstehenden Baugrundverhältnisse, die Einfluss auf die geotechnischen Rahmenbedingungen sowie die erdbau- und gründungstechnischen Arbeiten haben können, naturgemäß nicht ausschließen.

3 Grundlagen; Bearbeitungsunterlagen

Als Grundlage zur Bearbeitung wurden die einschlägigen Normen, Regelwerke und sonstigen Bauvorschriften sowie das zugehörige Fachschrifttum herangezogen, unter anderem:

- **DIN EN ISO 22 475**
"Geotechnische Erkundung und Untersuchung (ersetzt DIN 4021)"
- **DIN EN ISO 14 688**
"Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Böden (ersetzt DIN 4 022 und DIN 4 023)"
- **DIN 1997 - 1 (Eurocode EC - 7)**
"Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln"
und nationales Anwendungsdokument (NAD):
DIN 1054



"Baugrund, Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau"

- **VOB**
"Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen"
- **DIN 4124**
"Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau"
- **DIBt - Richtlinie für Windenergieanlagen**
"Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung"
- **Grundbau - Taschenbuch (GBT)**
"fünfte Auflage, Teil 1, Ernst & Sohn"

Zum Zeitpunkt der Berichtsverfassung standen dem Unterzeichnerbüro folgende Projektunterlagen für die Bearbeitung zur Verfügung:

- Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen, Blatt Nr. 4421 Borgentreich im Maßstab 1:25.000
- Koordinaten Windenergieanlagen WEA 8 bis 9, WP Borgentreich III, UKA Meißen Projektentwicklung GmbH & Co. KG
- Borgentreich-Ost_III_Layoutplanung , Maßstab 1:5.000, 20.07.2022, UKA Meißen Projektentwicklung GmbH & Co. KG
- Übersichtsplan Borgentreich Ost_III vereinfacht, Maßstab 1:25.000, UKA Meißen Projektentwicklung GmbH & Co. KG, 30.11.2022

4 Örtliche Situation, geologischer Untergrund

Das Windparkgelände befindet sich etwa 2 km nordwestlich von der Ortschaft Bühne.

Die aktuell 2 geplanten Anlagenstandorte liegen morphologisch auf einer Hochebene mit überwiegend flachen Geländetopografien und gelegentlichen Senken auf topografischen Höhen zwischen 246,4 und 281,43 m ü. NHN.

Die Anlagen werden mit folgenden Koordinaten (UTM Zone 32) ausgewiesen:

Standort	X-Koordinate / Rechtswert	Y-Koordinate / Hochwert
WEA 08	519928.42	5714958.02
WEA 09	519630.89	5715228.35

Tabelle 2: Standorte der Windenergieanlagen WEA 8 und WEA 9



Morphologisch handelt es sich beim Untersuchungsgebiet um eine Hochebene. Die Verhältnisse sind im Bereich der Windenergieanlagenstandorte überwiegend flach.

Außerhalb des Untersuchungsgebietes fällt das Gelände in Richtung der entwässernden Flüsse ab.

Das Umfeld unterliegt land- und forstwirtschaftlicher Nutzung. Die Zuwegung zu den Standorten erfolgt über ein Netz aus befestigten und teilbefestigten Wirtschaftswegen. Die Standorte befinden sich auf Ackerland bzw. Weide.

Lithologie

Nach Auswertung der vorliegenden geologischen Kartierungen werden im Untersuchungsgebiet die Gesteine des **Mittleren Keuper** ausgewiesen bestehend aus Mergel- und Tonmergelsteinlagen. Die Gesteinsschichten fallen schwach Richtung Nordwesten ein. In den Deckschichthorizonten liegen meist Verwitterungsstrukturen vor, so dass je nach Intensität lockergesteinsähnliche Strukturen vorliegen können. Die Festgesteinshorizonte in der Umgebung sind vor allem in Senken und Tälern gelegentlich von **quartären Lockersedimenten** überdeckt. Dabei handelt es sich vorwiegend um Lösslehm, örtlich treten **Hangbildungen, Fließerden** und **fluviatile** Ablagerungen von Bächen und Flüssen auf.

Verkarstung und Erdfälle/ Tektonik

Auslaugungsfähige Gesteine (hierzu zählt insbesondere Kalkstein) können verschiedene sogenannte Verkarstungserscheinungen zeigen. Hierzu gehören z.B. erweiterte Klüfte (häufig lehmgefüllt) oder Hohlraumbildung (Karsthöhlen, luft- wasser- oder lehmgefüllt). Die Tonmergelsteine des Lettenkohlenkeuper sind hiervon ebenfalls betroffen.

Geschieht die Auslaugung rein unterirdisch, so spricht man von Subrosion. Solche Hohlräume können nach oben durchbrechen bzw. kollabieren (sog. Subrosionsbrekzien) und zu Erdfällen führen. Auch oberflächennah können so genannten Einsturzbrekzien entstehen (siehe Kap. Geoelektrik).

Von einem Erdfall spricht man, wenn eine plötzliche Absackung im Gelände erfolgt und eine zylindrische Form mit senkrechter Abbruchwand entsteht. Dolinen entstehen durch eine langsame Sackung, in der ein Hohlraum durch fortschreitende Auslaugung mit der Zeit in Tiefe und Breite wächst.

Der Anlagenstandort WEA 09 befindet sich laut geologischer Karte im Bereich von Einbruchrümmermassen, einem Gebiet mit Erdfallvorkommen.

5 Geophysikalische Messungen

Beeinträchtigungen des Baugrundes durch Verkarstung oder Erdfälle

Auslaugungsfähige Gesteine (hierzu zählt insbesondere Kalkstein) können verschiedene so genannte Verkarstungserscheinungen zeigen. Hierzu gehören z. B. erweiterte Klüfte (häufig lehmgefüllt) oder Hohlräumbildung (Karsthöhlen, luft-, wasser- oder

lehmgefüllt). Geschieht die Auslaugung rein unterirdisch, so spricht man von Subrosion. Solche Hohlräume können nach oben durchbrechen bzw. kollabieren (so genannte Subrosionsbrekzien) und zu Erdfällen führen. Auch oberflächennah können auf diese Weise Einsturzbrekzien entstehen.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die unterschiedlichen Situationen der Dolinenentstehung auf. Das Blockbild a zeigt die Entstehung einer Doline in einem verkarstungsfähigen Gestein durch Auslaugungserweiterung von vorgezeichneten Schwächezonen. Im Blockbild b ist ein Erdfall durch Einsturz eines Karsthohlraumes

gezeigt. Die Blockbilder c und d zeigen die analogen Situationen für den Fall, dass das verkarstungs- bzw. auslaugungsgefährdete Gestein von einem anderen überdeckt wird.

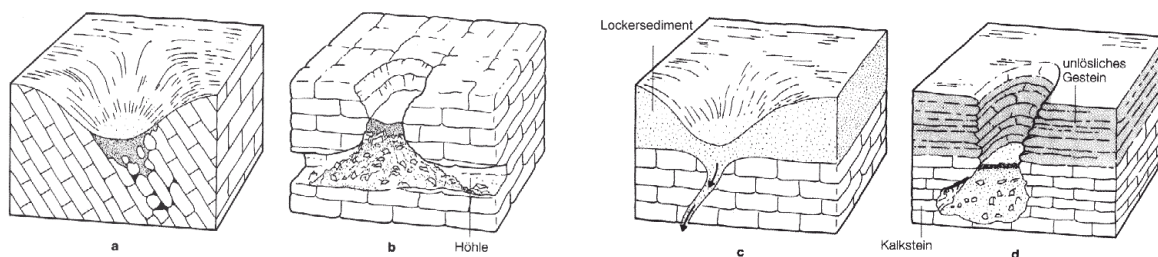


Abb. 2: Verkarstung oberflächlich anstehender Gesteine (links) und überdeckter Gesteine (rechts)

Zusätzlich gibt es in den Verbreitungsgebieten von Anhydrit (wasserfreies Calciumsulfat) die Möglichkeit der Bildung von so genannten Quellkuppen. Durch zutretendes Wasser wird Anhydrit in Gips umgewandelt, was mit einer Volumenzunahme verbunden ist. Dadurch können überlagernde Gesteinsschichten angehoben werden.

Auch Dolinen, welche im Laufe der Zeit mit Lockergestein aufgefüllt haben, welches bereits konsolidiert (also u. U. lastabtragungsfähig) ist, können eine Gefährdung darstellen. Bedingt durch die Tatsache, dass weiterhin Lockergestein über die Wasserwegsamkeiten abgeführt wird, ergeben sich gelegentlich schlotartige Nachbrüche in der Dolinenfüllung. Ein Beispiel dafür zeigt Abbildung 2.



Abb. 3: Erdfall in einer alten Dolinenfüllung auf der Briloner Hochfläche

Beeinträchtigungen des Baugrundes durch Steinbruchflächen und tektonische Verwerfungen

Insbesondere in Hangnähe können Gebirgsauflockerungen durch Hangzerreiung oder rückwärtige Kluftbildungen auftreten, welche eine nachhaltige Gefahr für das Bauvorhaben darstellen können. Tektonische Störungszone, Kluftzone und Rutschkörper können auch ohne oberirdisch erkennbare Anzeichen die Stabilität des Bodens beeinflussen. Dies ist insbesondere bei Sandstein der Fall.

Die folgende Abbildung zeigt skizzenhaft die Bildung von Gleitkrpern (Translationsrutschungen) in einer Hangsituation in mehr oder weniger shlig gelagertem Gebirge. Die Abbildung verdeutlicht beispielhaft, dass sich die akute Bildung von Rutschkörpern an einem Hang zunächst als Auflockerungs- oder Störungszone im rückwärtigen Gebirge bemerkbar macht.

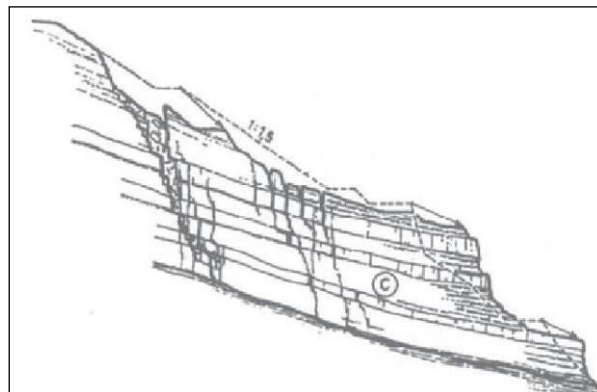


Abb. 4: Typ einer Translationsrutschung in einem Schichtgestein
(aus ZARUBA & MENCL 1969)



Indikation durch geoelektrische Messungen

Lehm- bzw. tongefüllte Spalten oder Klüfte zeichnen sich in ansonsten kompaktem Sedimentgestein durch geringe spezifische elektrische Widerstände aus. Auch steil stehende Strukturen können so erkannt werden. Beispiele hierfür sind dem Verfasser aus eigener Erfahrung hinreichend bekannt. Für wasser- oder lehmgefüllte Hohlräume gilt dasselbe. Karsthohlräume oberhalb des Grundwasserstandes, welche nicht mit Material ausgefüllt sind, zeichnen sich als lokales Widerstandsmaximum ab.

Subrosionsbrekzien sind als Auflockerungszonen zu verstehen, wobei die Änderung der ursprünglichen Lagerungsdichte sich bis weit oberhalb des Subrosionshohlraumes durchprägen kann.

Eine geringere Lagerungsdichte führt gerade bei gut leitfähigen Gesteinen, wie Tonsteinen, zu einer signifikanten Erhöhung des spezifischen elektrischen Widerstandes.

Dolinen oder andere ältere Einbruchstrukturen können u. U. nicht direkt im Gelände beobachtet werden, da sie im Laufe der Zeit verfüllt werden. Die Verfüllung kann hierbei schlechter oder besser leitfähig sein als die Umgebung. Solche Strukturen sind dann nicht an charakteristischen Veränderungen des spezifischen elektrischen Widerstandes zu erkennen, sondern an ihrer mulden- oder grabenförmigen Gestalt im ermittelten Widerstandsmodell.

Durchgeführte Arbeiten

Zur Erkundung des geologischen Untergrundes wurden an den geplanten Standorten geoelektrische Widerstandssondierungen nach dem Multielektroden-Wenner-Beta-

Verfahren durchgeführt. Der Einzelelektrodenabstand lag dabei bei 3 m und es wurde jeweils mit 42 Elektroden pro Sondierung gemessen. Der Einzelelektrodenabstand

wurde bei den Einzelsondierungen zwischen dem einfachen und dem maximal 13-fachen Abstand variiert (s. Beschreibung des Verfahrens).

Die derart durch Messungen erfasste Profillänge liegt bei insgesamt **592 m**. Aus den vorgehend genannten Parametern ergibt sich die Gesamtzahl der einzelnen Widerstandsmessungen zu **1092 diskreten Messpunkten**. Die Einzelmesspunkte und die Profillinien der Widerstandssondierungen wurden nach Lage eingemessen. Die notwendigen Geländearbeiten fanden am 13.01.23 bei feuchter Witterung und Temperaturen von 0°C – 5°C statt. Der Oberboden war aufgrund der vorhergehenden Witterungsbedingungen feucht und erlaubte eine gute Ankopplung der Elektroden.

Zur Ausführung der Messungen und der Interpretation bzw. numerischen Auswertung der Messergebnisse wurden folgende Geräte verwendet:

1. Geoelektrisches Widerstandsmessgerät ABEM Terrameter S1000 mit ABEM LUND Schalteinheit und 42 Elektroden



2. Softwareanwendung von S4KWin von ABEM zur Auswertung der ABEM Rohdaten
3. Inversionsprogramm „Res2Dinv“ zur Modellierung der Widerstandsverteilungen
4. Als Elektrodenmaterial wurde Edelstahl verwendet

Die Einmessung der Einzelektrodenpositionen geschah mittels Bandmaßes, so dass die Positionierungsfehler der Elektroden im Bereich kleiner als 5 % zu liegen kommen. Die Profilrichtungen wurden mit einem Kompass eingemessen.

Zum Zeitpunkt der Untersuchungen waren die Standorte gekennzeichnet und wurden ergänzend mittels GPS eingemessen. Lagepläne mit Angabe der Standortkoordinaten wurden durch den Auftraggeber bereitgestellt.

Die Daten der Widerstandsmessungen wurden bei geringer Signalstärke bis zu maximal 2-fach gestapelt, um ein verwertbares Signal-Rausch-Verhältnis zu erhalten. Die Störeinflüsse durch natürliche und technisch initialisierte Fremdströme waren überwiegend gering. Das verwendete Inversionsprogramm „Res2Dinv“ ist international anerkannt und wird in der angewandten Geophysik standardmäßig verwendet.

Wahl der Messprofile und einschränkende Bedingungen

An jedem Standort wurden zwei Profile vermessen. Diese werden normalerweise möglichst senkrecht zueinander angeordnet. Dadurch ergibt sich eine größere Flächenabdeckung und laterale Änderungen in der geologischen Situation können besser erfasst werden.

Lage der Messprofile

Die Profile tragen die Zusätze „-N“ und „-E“ für die beiden Richtungen Nord und Ost. Jedes Profil ist mit einer Längenskala versehen. Diese reicht maximal von -63 m bis +63 m. Alle Profile wurden im Wenner-Beta Verfahren gemessen. Die Auslagerrichtungen (= Himmelsrichtung, in die das positive Profilende zeigt) für die Profile ergaben sich wie folgt:

Profil Nr.	Profilrichtung (°)
WEA 08 Profil 1	16
WEA 08 Profil 2	106
WEA 09 Profil 1	354
WEA 09 Profil 2	84

Tabelle 2: Profilrichtungen

Einschränkende Bedingungen

Keine Einschränkungen.



Beschreibung des Verfahrens - Geoelektrische Widerstandsmessungen

Geologische und technische Materialien zeichnen sich durch ihre spezifischen elektrischen Eigenschaften aus. Diese sind bei geologischen Materialien (Fest- und Lockergesteine) von verschiedenen Faktoren und Umweltbedingungen abhängig. Dazu gehören z. B. die mineralogische Zusammensetzung, die Lagerungsdichte, der Verwitterungszustand, das Porenvolumen bzw. die Klüftigkeit und der Wassergehalt. In Bezug auf umwelttechnische Fragestellungen gibt es hier noch Einflüsse von Kontaminationen mit festen und flüssigen Stoffen zu beachten.

Der spezifische elektrische Widerstand des geologischen Untergrundes ist also ein geeigneter Parameter zum Aufsuchen von Inhomogenitäten, die durch lokale Veränderung der oben genannten Parameter verursacht werden. Da der spezifische elektrische Widerstand des Erdreiches mit geeignetem Gerät zügig und mit guter Genauigkeit gemessen werden kann, eignen sich geoelektrische Widerstandsmessungen besonders zur Vorerkundung von größeren Flächen.

Typische Anwendungsfälle sind z.B. die Erkundung der Schichtgrenze von Locker- zu Festgestein. Bei ansonsten homogenen geologischen Verhältnissen lassen sich Variationen in der Lagerungsdichte von Lockergesteinen, welche Auswirkungen auf die bodenmechanischen Kennwerte des Baugrundes haben, feststellen. Hierbei wird

oberhalb des Grundwasserspiegels eine Erhöhung des spezifischen elektrischen Widerstandes durch eine verringerte Lagerungsdichte ausgenutzt. Unterhalb des Grundwasserspiegels erkennt man Auflockerungen oder Hohlräume in schlechter leitfähigem

Nebengestein durch eine entsprechende Verringerung des spezifischen elektrischen Widerstandes.

Grundprinzip der Messungen

Zu den Messungen des spezifischen elektrischen Widerstandes des Erdreiches wird ein Strom über zwei Elektroden in den Boden eingespeist. Der räumliche Abstand dieser beiden Elektroden bestimmt, neben Einflüssen durch den schichtigen Aufbau des geologischen Untergrundes, die Eindringtiefe des Prüfstromes in das Erdreich. Durch

Vergrößerung des Abstandes der Einspeiseelektroden erhält man also sukzessive Information auszunehmender Tiefe unterhalb der Geländeoberkante.

Um eine Bestimmung des Widerstandes durchführen zu können, muss noch die an der Erdoberfläche durch den oben genannten Prüfstrom verursachte Spannung gemessen werden. Dazu benutzt man zwei weitere Elektroden, die in der Regel, räumlich betrachtet, zwischen den Stromeinspeiseelektroden angeordnet werden. Das Verhältnis der gemessenen Spannung zum eingespeisten Strom ergibt unter entsprechender

mathematischer Berücksichtigung der geometrischen Elektrodenanordnung den spezifischen elektrischen Widerstand des Erdreiches. Führt man an jedem Messpunkt nur



eine Messung mit festem Elektrodenabstand aus, so kann man nur einen Wert angeben, der über die verschiedenen Schichten des geologischen Untergrundes gemittelt

ist. Misst man hingegen mit verschiedenen Abständen oder unterschiedlichen geometrischen Anordnungen der vier Elektroden, so lassen sich Aussagen über den schichtigen Aufbau des Untergrundes herleiten. Dadurch haben sich für unterschiedliche Fragestellungen bestimmte Elektrodenanordnungen als Standard etabliert. Verschiedene Präsentationsformen für die Ergebnisse der Auswertungen erlauben eine problemangepasste Darstellung.

Für die flächenhafte Erkundung des Baugrundes eignen sich besonders die beiden weiter unten beschriebenen Methoden.

Einflüsse auf die Qualität der Messungen

Es gibt Störeinflüsse auf die Messungen, welche nur teilweise in der Auswertung korrigiert werden können. Hierzu gehören z.B. metallische Leitungen und Zäune im Untersuchungsgebiet (diese sind im Prinzip Kurzschlüsse für den eingespeisten Prüfstrom). Sehr geringe Unterschiede im spezifischen elektrischen Widerstand der zu unterscheidenden geologischen Schichten können zu einer Verwischung des Ergebnisses führen. Starke Verbuschung des Geländes oder ähnliche hinderliche Vegetation

führen zu einer Verringerung des Messfortschrittes. Bodenfrost behindert das Einspeisen des Prüfstromes.

Geoelektrische Widerstandskartierung nach Wenner

Beim so genannten Wenner-Verfahren liegen die beiden Einspeiseelektroden an den beiden Enden der Gesamtauslage (als Auslage bezeichnet man die gesamte Anordnung mit Kabeln und Elektroden). Die beiden Spannungsmesselektroden liegen in einer geraden Linie dazwischen. Der Abstand a der einzelnen Elektroden untereinander ist bei der Wenner-Anordnung immer gleich. Die Gesamtauslage beträgt somit dreimal den Einzelabstand a .

Die gesamte Anordnung wird zur Messung versetzt, so dass man entlang von Profillinien die horizontale Veränderung des spezifischen elektrischen Widerstandes beobachten kann. Eine Unterscheidung verschiedener Schichten in vertikaler Richtung ist durch den konstanten Elektrodenabstand bei der Messung nicht gegeben. Das Wenner-Verfahren ist somit ein ortendes Verfahren für Störungen im geologischen Untergrund, welche durch die Messung auf die Oberfläche abgebildet werden. Daher ist

es besonders zur schnellen und zielsicheren Auswahl von nachfolgenden Sondierungen oder sonstigen Aufschlüssen geeignet.

Ordnet man mehrere Profillinien verteilt über die Untersuchungsfläche an, so erhält man auch ein Kartenbild des spezifischen elektrischen Widerstandes. Die Ergebnisse



können in einem Isoliniendiagramm (analog zu den Höhenlinien einer topografischen Karte) dargestellt werden. Auffälligkeiten und Störungen im geologischen Untergrund

können daraus abgelesen und jederzeit mit dem erzeugten Kartenbild im Gelände wieder aufgefunden werden.

Geoelektrische Sondierungskartierung im Multielektroden - Wenner - Verfahren

Um eine Aussage über den schichtigen Aufbau des geologischen Untergrundes zu bekommen, ist eine sukzessive Veränderung des Abstandes der Einspeiseelektroden notwendig.

Um die kartierenden Möglichkeiten des Wenner-Verfahrens mit einer Tiefenauflösung zu verbinden, wurde das so genannte Multielektroden-Wenner-Verfahren entwickelt. Hierbei wird eine Reihe von Elektroden entlang einer Profillinie gesetzt. Diese werden dann wie im Wenner-Verfahren äquidistant beschaltet. Man durchläuft die Elektrodenreihe mit einem festen Elektrodenabstand a , indem immer fortschreitend jeweils vier Elektroden angeschaltet werden. Nach einem Durchlauf der Profillinie wird der Elektrodenabstand vergrößert (auf $2 \times a$), indem Elektroden bei der Beschaltung ausgelassen werden. Wiederum wird die Profillinie komplett durchgemessen. Mit diesem Prinzip wird dann die Profillinie mit immer um jeweils eine Einheit a zunehmendem Elektrodenabstand durchgemessen.

Man erhält im Ergebnis also eine Verknüpfung von ortsauflösender (bzgl. der Erdoberfläche) und tiefenauflösender Widerstandsmessung. Mit einem geeigneten Softwareprogramm und unter Berücksichtigung von geologischen und geophysikalischen

Kenntnissen ergeben sich zweidimensionale Schnitte durch den geologischen Untergrund. In Form von Isoliniendiagrammen für diese Vertikalschnitte durch das Erdreich erhält man anschauliche grafische Darstellungen für den schichtigen Aufbau des geologischen Untergrundes.

Auswertung

Die elektrischen Rohdaten wurden auf die Konsistenz der Datensätze hin überprüft und vom proprietären Format des Instrumentenherstellers in das Res2Dinv-Format überführt. Eine Inversionsrechnung wurde mit der Software Res2Dinv durchgeführt. Die gewonnenen Schichtenmodelle sind zusammen mit den grafisch aufbereiteten Rohdaten in einzelnen Abbildungen dargestellt. Die Abbildungen in den einzelnen Profilbeschreibungen stellen die im Inversionsprogramm gewonnenen elektrischen Schichtenmodelle dar. Hier lassen sich die einzelnen, elektrisch gleichartigen Schichtenfolgen des geologischen Unterbaues unterscheiden.



Ergebnisse und Interpretationen

Die Ergebnisse mit der entsprechenden geologischen Interpretation sind nachfolgend wiedergegeben. Dabei werden Aufschlüsse aus der ingenieurgeologischen Erkundung

zur Interpretation genutzt. Die Längen und Tiefen an dem Profil sind in Metern angegeben. Zu beachten ist, dass kein fester Maßstab für die Skalierung von Tiefen- und

Längenangaben gewählt wurde. Als Einheit für den spezifischen elektrischen Widerstand wird $1 \Omega\text{m}$ ($1 \text{ Ohm} * 1 \text{ m}$) verwendet.

Zwei verschiedene Wertebereiche der ermittelten spezifischen elektrischen Widerstände können im Wesentlichen zur Beurteilung der geologischen Situation herangezogen werden:

1. spezifischer elektrischer Widerstand $< \text{ca. } 40 \Omega\text{m}$
Ton / Schluff, verfüllte Doline, Störungen / Klüfte, Tonmergel / Tonmergelstein / Tonstein
2. spezifischer elektrischer Widerstand $> \text{ca. } 40 \Omega\text{m}$
Kalkstein, Kalkmergelstein, Mergelstein, nicht verfüllte Störungen / Klüfte

Überschneidungen dieser Bereiche, insbesondere durch Verwitterungseinfluss, kommen vor.



Nachfolgend noch einmal eine Interpretationshilfe in Kurzform:

Interpretationshilfen zur Bewertung der „Spezif. Elektrischen Widerstände“

Allgemein:

Je größer die elektr. Leitfähigkeit eines Materials, desto geringer der spezif. elektr. Widerstand

Detektierung von Schichtgrenzen:

Schichtgrenzen, z.B. zwischen Locker- und Festgesteinen, zeichnen sich meist durch sich ändernde elektrische Widerstände ab.

Boden- und Gesteinseigenschaften

Variierende Boden- und Gesteinseigenschaften wie Lagerungsdichten, Verwitterungsgrad, Klüftigkeit, Porenvolumen haben Einfluss auf den elektrischen Widerstand und können sich somit im ansonsten homogenen geologischen Gebirge im Widerstandsmodell widerspiegeln

Wassereinfluss / Bodenfeuchte:

Geringer Wassergehalt: erhöhter el. Widerstand
Hoher Wassergehalt: verringerter el. Widerstand

Süßwasser: erhöhter el. Widerstand
Salzwasser: verringerter el. Widerstand

„Hohlräume“ z.B. Karsthöhlen, Dolinen, Klüfte, Spalten, etc.:

Hohlraum über Grundwasser: erhöhter el. Widerstand
Hohlraum, wassergefüllt: verringerter el. Widerstand

Offene Kluft: erhöhter el. Widerstand
lehmgefüllte Kluft: verringerter el. Widerstand

lehmgefüllte Kluft in hochohmiger Umgebung (z.B. Sandstein, Kristallin): verringerter el. Widerstand
lehmgefüllte Kluft in niedrigohmiger Umgebung (z.B. Tonstein, Tonschiefer): erhöhter el. Widerstand

Hinweis:

Bei der Interpretation von Hohlräumen, Dolinen, Klüften, Störungszonen etc. ist insb. auch die sich abzeichnende Gestalt im ermittelten Widerstandsmodell zu beachten (z.B. mulden- oder grabenförmige Gestalt), da die Verfüllung der Strukturen, je nach Umgebung, sowohl schlechter als auch besser leitfähig erscheinen kann. Ferner ist zu beachten, dass ältere Einbruchsstrukturen, z.B. aufgrund erfolgter natürlicher oder anthropogener Verfüllungen, im Gelände oft nicht mehr erkennbar sind.

Die Ergebnisse werden nachfolgend ausführlich beschrieben.

WEA 08 Profil 1

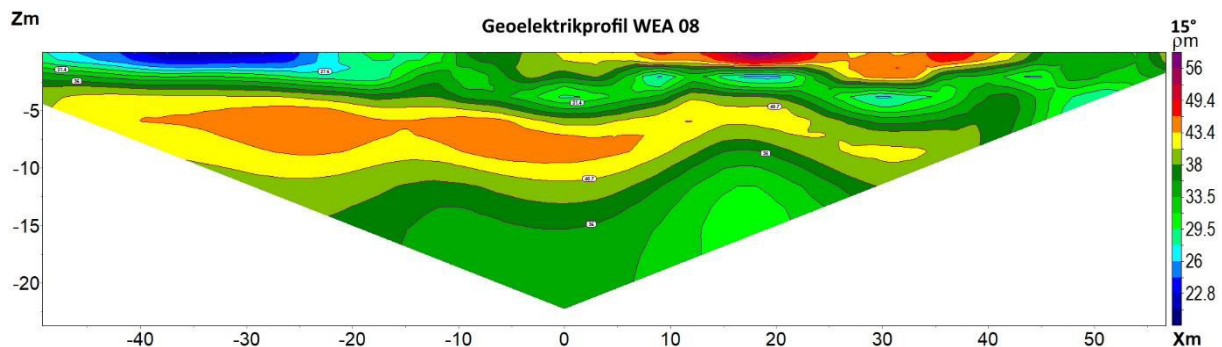


Abbildung 5: Geoelektrische Inversionsmodell am Standort WEA 08 (Nordex N-163 / 6.X) in Richtung Nordnordost

Abb. 3 zeigt das berechnete Inversionsmodell am Standort der geplanten Anlage Nordex N-163 / 6.X, wobei sich der geplante Anlagenmittelpunkt bei Profilmeter 0 befindet und die rechte Seite der Profildarstellung in Richtung Nordnordosten (16°) zeigt.

Das ermittelte Modell stellt bis zu einer Erkundungstiefe von ca. 22 m eine vierschichtige geologische Situation dar. Im Bereich des Untersuchungsgebiets werden laut vorliegender geologischer Karte die Gesteine mittleren Keupers (Mergelstein und Tonmergelstein) erwartet.

Im Hangenden zeigt das Inversionsmodell im Bereich des Fundamentdurchmessers eine 1 m - 3 m mächtige Schicht bestehend aus Oberboden, Schluff, Ton, sandig, schwach steinig/kiesig, dargestellt durch Widerstandswerte 30 - 60 Ωm (gelbe bis rote Darstellung)

In einer geotechnischen Untersuchung wurden Oberboden, Schluff, Ton - teils steinig/kiesig bis in einer Tiefe von maximal 0,5 m Tiefe beobachtet. Unterhalb folgt Mergel, Tonstein und Mergelstein (Verwitterungszone) bis 2,10 m

Unterhalb des Lockermaterials folgt ab einer Tiefe von 3 m zunehmend Festgestein. Hierbei zeigt das Inversionsmodell eine Abnahme des Widerstandsniveaus. In einer Tiefe zwischen 3,0 – 5,0 m lassen sich im Inversionsmodell Widerstandswerte zwischen 30 Ωm und 40 Ωm (hellblaue bis dunkelgrüne Darstellung) beobachten. Die an dem Standort gemessenen Widerstandswerte deuten auf eine verstärkt tonig mergelige Zusammensetzung des Festgesteins hin (Tonmergelstein).

Unterhalb des erwarteten Tonmergelsteins folgt eine Schicht mit Widerstandswerten zwischen 40 Ωm und 50 Ωm (gelbe bis orange Darstellung), welche bis in eine Tiefe von ca. 10 m reicht. Die beobachtete Erhöhung des Widerstandsniveaus deutet auf eine Abnahme toniger und eine Erhöhung mergeliger Beimengungen im Festgestein hin (vermutlich Mergelstein).

Im Liegenden erfolgt bis zur maximal möglich zu messenden Tiefe von 22 m erneut eine Abnahme des Widerstandsniveaus (grüne Darstellung), was vermutlich erneut mit einer Erhöhung toniger Beimengungen im Festgestein einhergeht.

Im Bereich des Fundamentdurchmessers können weder Störungen, Klüfte oder weitere geologische Besonderheiten in dem Untersuchungsgebiet beobachtet werden.

WEA 08 Profil 2

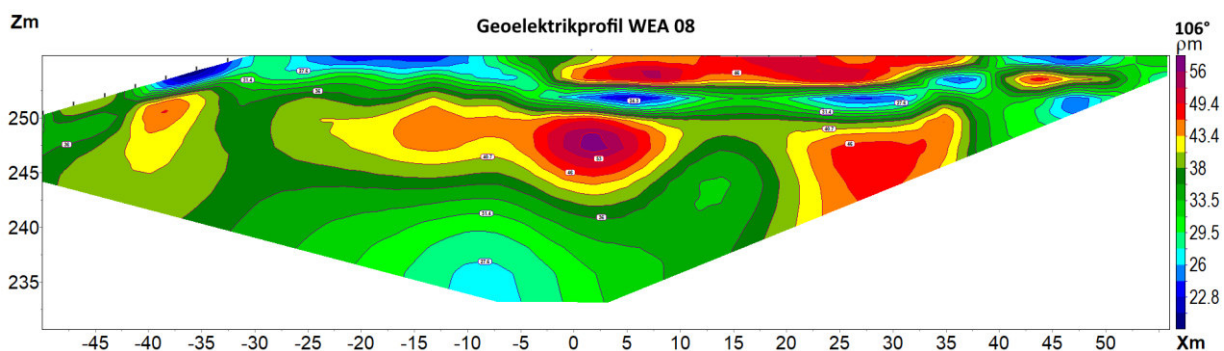


Abbildung 6: Goelektrische Inversionsmodell am Standort WEA 08 (Nordex N-163 / 6.X) in Richtung Ostsüdost.

Die obige Abbildung zeigt das senkrecht zu dem vorherigen verlaufende Profil 2, wobei sich der geplante Anlagenmittelpunkt bei Profilmeter 0 befindet und die rechte Seite der Profildarstellung in Richtung Ostsüdost (106°) zeigt.

In der Gesamtbetrachtung zeigt das Inversionsmodell von Profil 2 - ESE einen drei- bis vierschichtigen Untergrund. Aufgrund einer vergleichbaren Geologie sei daher grundsätzlich auf die Beschreibung des vorherigen Modells verwiesen.

Erneut deutet das Modell einen lagigen und überwiegend homogenen Aufbau der Schichtenfolge an. Unterschiede zum vorherigen Modell zeigen sich durch eine Zerteilung der Schichtenfolge im Bereich des Fundamentdurchmessers. So wird im west-nordwestlichen Bereich des Fundamentdurchmessers eine überwiegend dreischichtige Sedimentabfolge im Inversionsmodell beobachtet, während im ost-südöstlichen Bereich des Fundamentdurchmessers eine vierschichtige Sedimentabfolge beobachtet werden kann.

So zeigt das Inversionsmodell im westnordwestlichen Bereich des Fundamentdurchmessers oberflächennah niedrige Widerstandswerte 25 Ωm und 40 Ωm (dunkelblaue bis hellgrüne Darstellung), welche in ost-südöstlicher Richtung unter einer Schicht mit höheren Widerstandswerten (orange bis rote Darstellung) abtaucht. Anhand der geotechnischen Untersuchung werden niedrige Widerstandswerte mit Mergel, Ton/Mergelstein mit geringerem Verwitterungsgrad in Verbindung gebracht, während oberflächennahe höhere Widerstandswerte verstärkt mit Mergelstein mit erhöhtem Verwitterungsgrad in Verbindung gebracht werden. Somit wird insbesondere im ost-südöstlichen Bereich des Fundamentdurchmessers mit einer leicht höheren Lockergesteinsbedeckung gerechnet.

Im Rahmen der durchgeführten geophysikalischen Untersuchung können weder Störungen, Klüfte oder weitere geologische Besonderheiten beobachtet werden, welche das Bauvorhaben gefährden könnten.

WEA 09 Profil 1

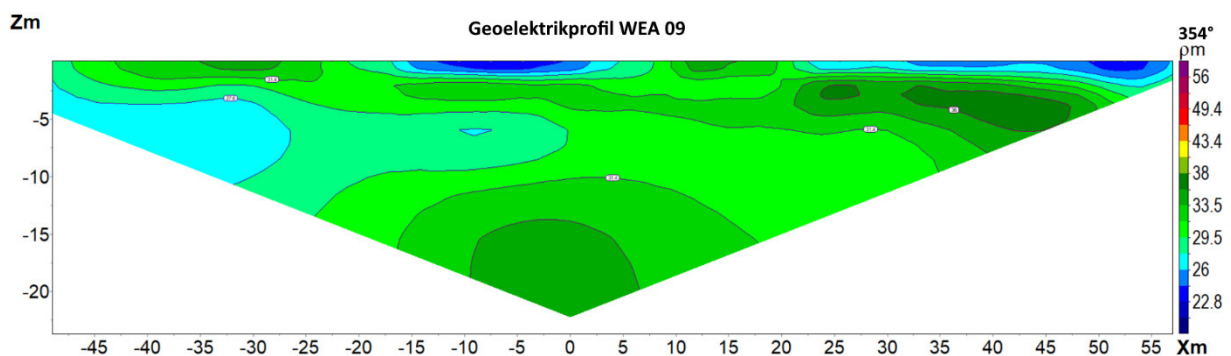


Abbildung 7: Geoelektrische Inversionsmodell am Standort WEA 08 (Nordex N-163 / 6.X) in Richtung Nord

Abb. 3 zeigt das berechnete Inversionsmodell am Standort der geplanten Anlage Nordex N-163 / 6.X, wobei sich der geplante Anlagenmittelpunkt bei Profilmeter 0 befindet und die rechte Seite der Profildarstellung in Richtung Nord (354°) zeigt.

Das ermittelte Modell stellt bis zu einer Erkundungstiefe von ca. 22 m eine überwiegend ein- bis dreischichtige geologische Situation dar. Im Bereich des Untersuchungsgebietes werden laut vorliegender geologischer Karte erneut die Gesteine des mittleren Keupers (Mergelstein und Tonmergelstein) erwartet.

Im Hangenden zeigt das Inversionsmodell insbesondere im südlichen Bereich des Fundamentdurchmessers (Profilmeter -13 – 4) eine 1 - 2 m mächtige Schicht mit niedrigen Widerstandswerten zwischen 20 – 30 Ωm (blaue Darstellung). Westlich von Profilmeter 4 zeigt das Widerstandsmodell Widerstandswerte $> 30 \Omega\text{m}$ (hellgrüne bis dunkelgrüne Darstellung) an.

Im Rahmen einer geotechnischen Untersuchung wurden bis in eine Tiefe von ca. 2,5 m Schluff und Ton (Verwitterungslehm) beobachtet und ist somit im Einklang mit der geophysikalischen Untersuchung.

Im Liegenden zeigen die geophysikalischen Daten bis zur maximal möglich zu messenden Tiefe eine überwiegend homogene Widerstandsverteilung mit Widerstandswerten zwischen 26 – 40 Ωm (hellblaue bis grüne Darstellung). Insbesondere im südlichen Bereich des Fundamentdurchmesser in einer Tiefe zwischen 5 m bis 10 m deutet das Widerstandsmodell leicht geringere Widerstandswerte an (hellblaue Darstellung). Niedrigere Widerstandswerte werden mit einer erhöhten tonigen Beimengung im Festgestein in Verbindung gebracht.

Im Rahmen der geotechnischen Untersuchung wurde ab einer Tiefe von 3 m Ton und Gips beobachtet, was eine Verringerung der Widerstandswerte erklären würde.

Eine geringe Erhöhung des Widerstandsniveaus ab einer Tiefe von 10 m (dunkelgrüne Darstellung) deutet auf eine Abnahme toniger Beimengungen hin. Eine Fortsetzung toniger Sedimente mit Gips ist aber aufgrund der insgesamt niedrigen Widerstandswerte aber ebenso denkbar.

Im Bereich des Fundamentdurchmessers können weder Störungen, Klüfte oder andere geologische Besonderheiten beobachtet werden.

WEA 09 Profil 2

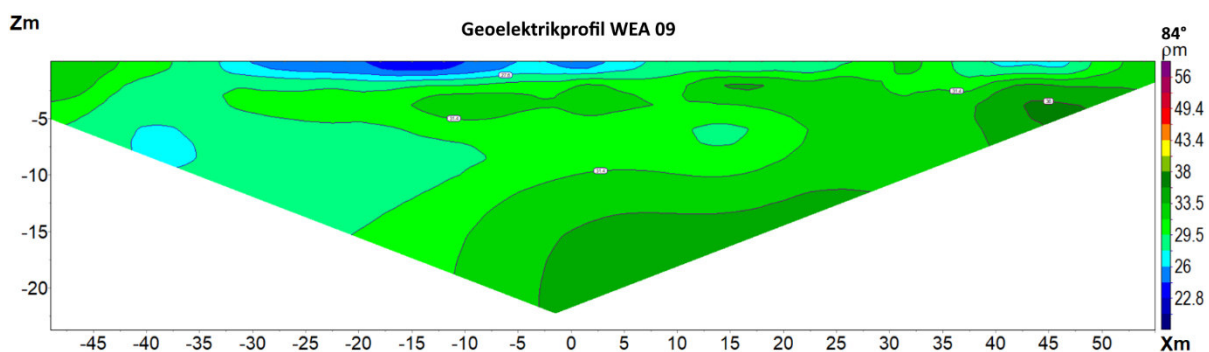


Abbildung 8: Goelektrische Inversionsmodell am Standort WEA 03 (Nordex N-163 / 6.X) in Richtung Ostnordost

Die obige Abbildung zeigt das senkrecht zu dem vorherigen verlaufende Profil 2, wobei sich der geplante Anlagenmittelpunkt bei Profilmeter 0 befindet und die rechte Seite der Profildarstellung in Richtung Osten (84°) zeigt.

In der Gesamtbetrachtung zeigt das Inversionsmodell von Profil 2 - E einen analog aufgebauten ein- bis dreischichtigen Untergrund, daher sei grundsätzlich auf die Beschreibung des vorherigen Modells verwiesen.



Erneut deutet sich sowohl oberflächennah als auch in zunehmender Tiefe ein niedrigeres Widerstandsniveau in westlicher Richtung an und ist somit vergleichbar mit dem vorherigen Profil in südlicher Richtung.

Zusammenfassung

Durch die geoelektrischen Widerstandsmessungen konnte die geologische Situation an dem Standort weiter aufgeklärt werden. Zusammenfassend ergibt sich an dem Standort bis zur erkundeten Tiefe von maximal 22 m unter GOK ein ein- bis vierschichtiger geologischer Aufbau.

Es wird bei dem Standort von keiner grundsätzlichen Gefahr für das geplante Bauvorhaben ausgegangen.

WEA 08 Nordex N-163 / 6.x

Im Hangenden Oberboden, Schluff, Ton, steinig/kiesig (Mergelstein verwittert).

Im Liegenden folgt ab einer Tiefe von maximal 3 m Mergel- und Tonmergelstein. Dies Mergel- und Tonmergelstein (wechsellagernd) kann bis in eine Tiefe von ca. 22 m beobachtet werden.

Es konnten keine Störungen/Klüfte oder weitere geologische Besonderheiten beobachtet werden. Aus geophysikalischer Sicht gibt es **keine Einwände** gegen das geplante Bauvorhaben.

WEA 09 Nordex N-163 / 6.x

Im Rahmen der geoelektrischen Erkundung zeigt sich im Bereich des Fundamentdurchmessers einen ein- bis dreischichtigen geologischer Aufbau.

Im Hangenden Oberboden, Schluff, Ton, steinig/kiesig. Eine leicht erhöhte Lockergesteinsbedeckung (Verwitterungslehm) wird im südlichen und westlichen Bereich des Fundamentdurchmessers erwartet

Im Liegenden folgt ab einer Tiefe von ca. 3 m Mergel/Tonmergelstein teils mit Gips.

Es konnten keine Störungen/Klüfte oder weitere geologische Besonderheiten beobachtet werden. Aus geophysikalischer Sicht gibt es **keine Einwände** gegen das geplante Bauvorhaben.



6 Bestimmung des spezifischen Erdwiderstandes

Für Windenergieanlagen des Anlagenherstellers ist gemäß dem Anforderungskatalog für die Baugrunderkundung in seiner aktuellsten Fassung der spezifische Erdwiderstand zu messen.

Grundlage für die hier bestimmten Werte des spezifischen Erdwiderstandes ist die VDE-Richtlinie 0185-305. Darin wird für die Messungen ein Vierpol-Verfahren (z.B. Wenner-Verfahren) und ein Mindestabstand Erder - Hilfserder (= Stromeinspeiseelektroden) von 20 m gefordert.

Die Geländearbeiten fanden zwischen am 13.01.2023 bei feuchter statt. Der Oberboden war durch die vorhergehenden Witterungsbedingungen sehr feucht und entsprechend war die Ankopplung der Elektroden gut. Die Störeinflüsse durch natürliche Fremdströme waren gering.

Zur Ausführung der Messungen und der Interpretation bzw. numerischen Auswertung der Messergebnisse wurde ebenfalls das *ABEM Terrameter S1000 mit ABEM LUND Schalteinheit* (s.o.) verwendet.

Die Messdaten aus dem Jahre 2019 wurden gemäß der Technischen Information „Messung des spezifischen Erdwiderstandes ρ_s “ 01/2017 der Fa. Enercon ausgewertet. Als Elektrodenkonfiguration wurde gemäß der vorgenannten Technischen Information die Wenner- α Anordnung gewählt.

Aus den gemessenen Widerstandswerten wurde nach der Formel

$$\rho_s = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R$$

der spezifische elektrische Widerstand ρ_s ermittelt. R bezeichnet dabei den vom Messgerät gemessenen Widerstandswert.

Die verwendeten Elektrodenabstände a in m und der spezifische elektrische Widerstand ρ_s in Ωm für die jeweiligen Standorte sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.



Elektroden- abstand a [m]	WEA 08 spezifischer Erdwiderstand ρ_s [Ωm]	WEA 09 spezifischer Erdwiderstand ρ_s [Ωm]
2	36,5	27,9
3	35,5	28,5
5	35,0	29,3
8	36,0	29,9
12	38,1	30,7
16	38,4	31,5
20	39,4	32,0
25	41,4	32,1
30	40,7	32,3

Tabelle 3: Spezifischer Erdwiderstand an den geplanten Standorten



7. Schlussbemerkungen

Alle Erkenntnisse sind unter Vorbehalt einer ausführlichen geotechnischen Erkundung mittels direkter Aufschlüsse. Die hier gewonnenen Erkenntnisse sind nur als erster Anhaltspunkt für die grundsätzliche Planung des Windparks zu sehen.

Sollten während der Arbeiten Abweichungen von den punktuell gewonnenen Erkundungsfeststellungen angetroffen werden, bitten wir rechtzeitig um Benachrichtigung. Dies gilt auch für Planungsänderungen gegenüber den zur Verfügung gestellten Bearbeitungsgrundlagen und Planunterlagen.

Die Stellungnahme gilt nur vollständig und nach Prüfung bzw. Abnahme der Gründungsempfehlungen sowie den Hinweisen zur Bauausführung durch den Baugrundsachverständigen. Wir bitten um Verständnis, dass nur nach örtlicher Prüfung während der bautechnischen Arbeiten Gewähr für die Richtigkeit der Stellungnahme, sowie der umgesetzten Baugrundbeurteilungen übernommen werden kann.

Für weitere Gründungsberatungen stehen wir Ihnen selbstverständlich weiterhin gerne zur Verfügung.

Aufgestellt: Trendelburg, 25.01.2023

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG
vertreten durch Dr. Schubert, Verwaltungsgesellschaft mbH
Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen
Geophysik & Geotechnik
Glöcknerplatz 1, 34388 Trendelburg
Tel. 05671 7797 9, Fax 05671 7797 10
E-Mail: info@bbu-schubert.de
www.bbu-schubert.de

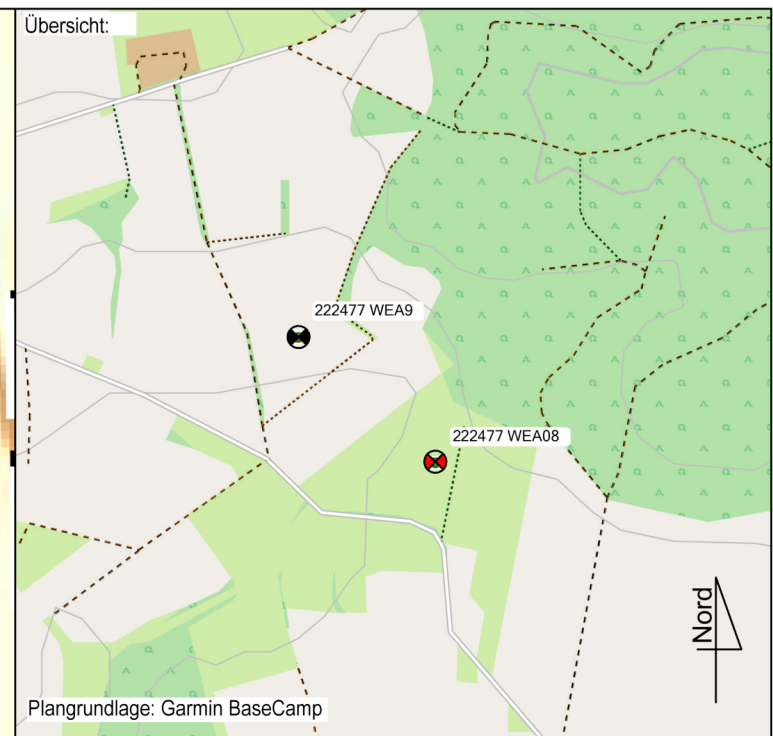
Dr. Malte Schindler

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG
vertreten durch Dr. Schubert, Verwaltungsgesellschaft mbH
Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen
Geophysik & Geotechnik
Glöcknerplatz 1, 34388 Trendelburg
Tel. 05671 7797 9, Fax 05671 7797 10
E-Mail: info@bbu-schubert.de
www.bbu-schubert.de

M.Sc. Dennis Flenner
Projektleiter/ Beratungsbüro für Boden und Umwelt C. Schubert GmbH

Anlage 1 - Lagepläne mit Einkartierung der Erkundungsstellen und
Übersichtsplan

Wir bitten Sie freundlichst um Beachtung folgenden Hinweises:
Das Kopieren und Weiterleiten des Gutachtens an Dritte ist weder vollständig noch auszugsweise **ohne ausdrückliche schriftliche Zustimmung des Entwurfsverfassers** zulässig. Dies gilt insbesondere auch für die elektronische Verbreitung digitaler Dateien über Datenträger oder Internet.



Legende:

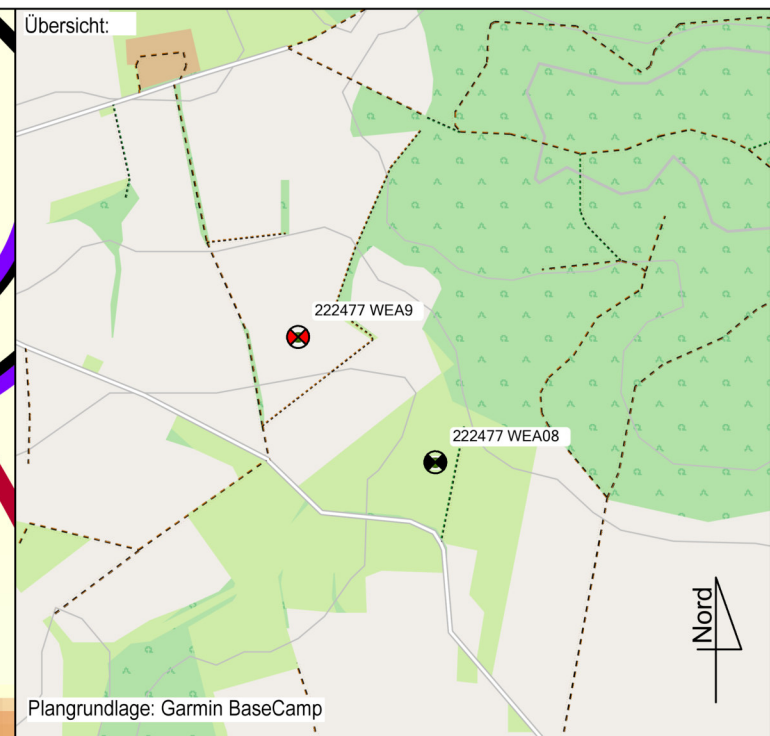
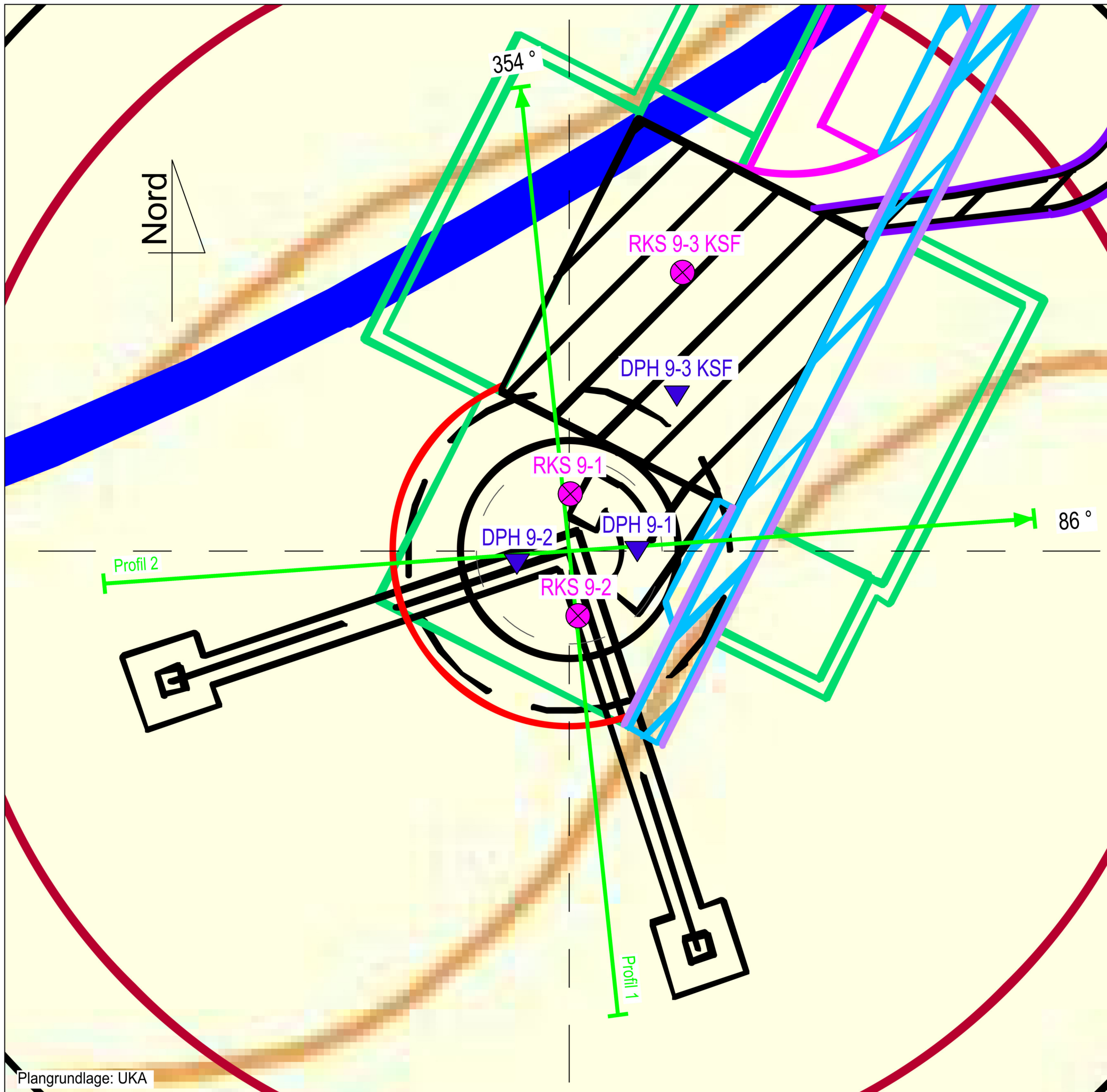
- ⊗ RKS... Ansatzstelle der Rammkernsondierung
- ▼ DPH... Ansatzstelle der schweren Rammsondierung
- ↔ Geoelektrisches Messprofil

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG
 Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen
 Geophysik & Geotechnik
 Glockenplatz 1 - 34388 Trendelburg
 Tel. 05671 / 77970 - Fax. 05671 / 779710
 eMail: info@bbu-schubert.de - Homepage: www.bbu-schubert.de



Auftraggeber: UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG Dr.-Eberle-Platz 1 01662 Meißen	Projekt Nr: 222477	Anlage: 1.1
Baumaßnahme: WP Borgentreich-Ost III Errichtung von 2 WEA Borgentreich	Maßstab: (A3-Format) 1:800	Datum: 25.01.2023
	Gezeichnet: DW	Geprüft: DF
	Planinhalt: Lageplan der Erkundungspunkte WEA8 + Zuwegung	

Plangrundlage: UKA



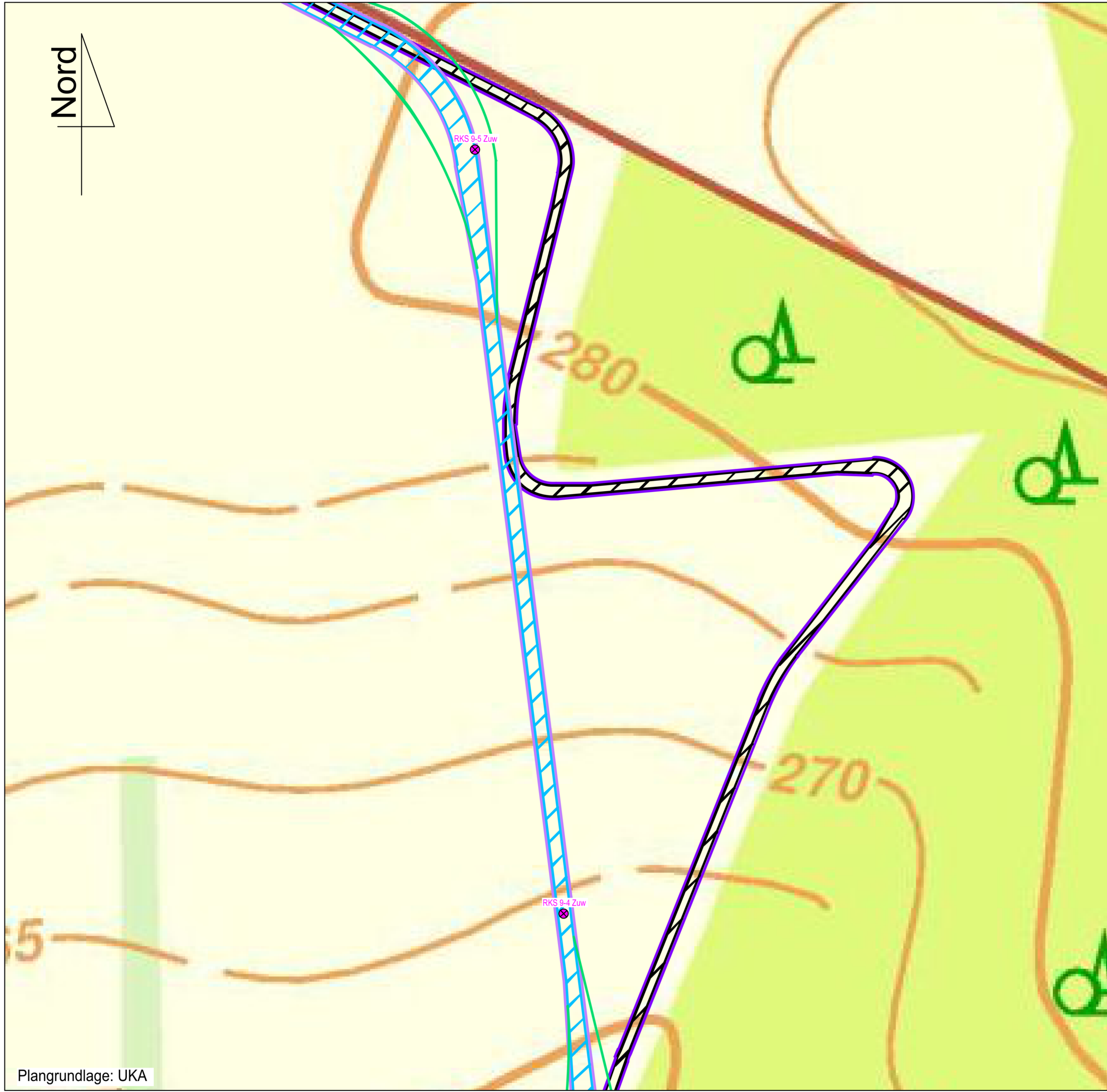
Legende:

- ⊗ RKS... Ansatzstelle der Rammkernsondierung
- ▼ DPH... Ansatzstelle der schweren Rammsondierung
- ↘ Geoelektrisches Messprofil

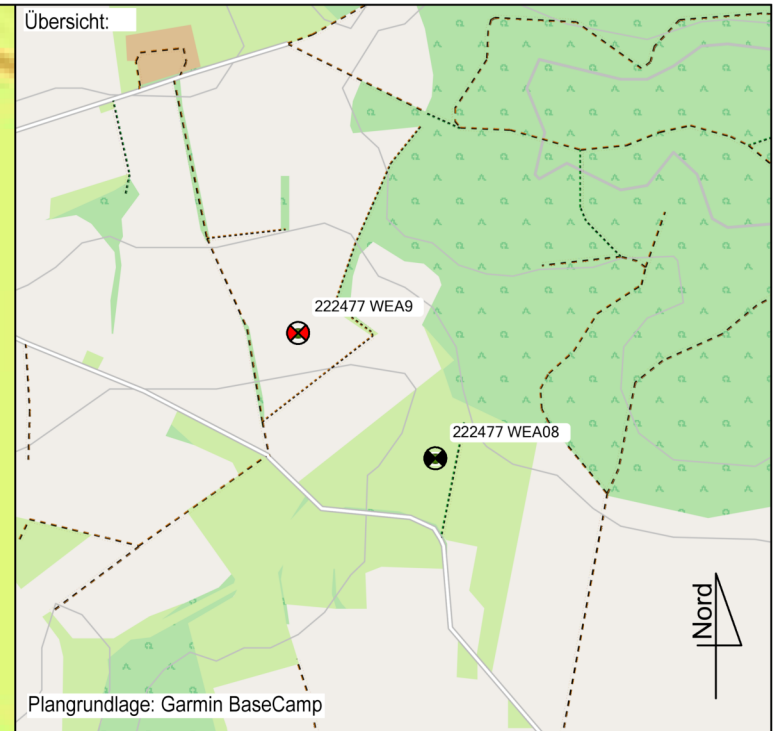
BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG
 Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen
 Geophysik & Geotechnik
 Glockenplatz 1 - 34388 Trendelburg
 Tel. 05671 / 77970 - Fax. 05671 / 779710
 eMail: info@bbu-schubert.de - Homepage: www.bbu-schubert.de

Auftraggeber:	Projekt Nr:	Anlage:
UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG	222477	1.2
Dr.-Eberle-Platz 1 01662 Meißen	Maßstab: (A3-Format) 1:500	Datum: 25.01.2023
Baumaßnahme:	Gezeichnet: DW	Geprüft: DF
WP Borgentreich-Ost III Errichtung von 2 WEA Borgentreich	Planinhalt: Lageplan der Erkundungspunkte WEA9	

Plangrundlage: UKA



Plangrundlage: UKA



Legende:

RKS...
⊗ Ansatzstelle der Rammkernsondierung

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG
Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen
Geophysik & Geotechnik
Glockenplatz 1 - 34388 Trendelburg
Tel. 05671 / 77970 - Fax. 05671 / 779710
eMail: info@bbu-schubert.de - Homepage: www.bbu-schubert.de



Auftraggeber: UKA Umweltgerechte Kraftanalgen GmbH & Co. KG Dr.-Eberle-Platz 1 01662 Meißen	Projekt Nr: 222477	Anlage: 1.3
Baumaßnahme: WP Borgentreich-Ost III Errichtung von 2 WEA Borgentreich	Maßstab: (A3-Format) 1:1300	Datum: 25.01.2023
	Gezeichnet: DW	Geprüft: DF
	Planinhalt: Lageplan der Erkundungspunkte Zuwegung (WEA9)	



Gutachten zur Standorteignung von Windenergieanlagen
nach DIBt 2012 für den Windpark Borgentreich-Ost
Deutschland

Bericht-Nr.: I17-SE-2023-096



Gutachten zur Standorteignung von WEA nach DIBt 2012 für den
Windpark Borgentreich-Ost

Bericht-Nr.: I17-SE-2023-096

Auftraggeber: UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG
Dr.-Eberle-Platz 1
D-01662 Meißen

Auftragnehmer: I17-Wind GmbH & Co. KG
Robert-Koch-Straße 29
D-25813 Husum
Tel.: 04841 – 87596 – 0
E-Mail: mail@i17-wind.de
Internet: www.i17-wind.de

Datum: 28. Juli 2023

Haftungsausschluss und Urheberrecht

Das vorliegende Gutachten wurde unabhängig, unparteiisch und nach bestem Wissen und Gewissen nach derzeitigem Stand der Technik erstellt. Für vom Auftraggeber und vom Anlagenhersteller bereitgestellte Daten, die nicht von der I17-Wind GmbH & Co. KG erhoben oder ermittelt wurden, kann keine Gewähr für deren Korrektheit übernommen werden. Diese werden als richtig vorausgesetzt.

Urheber des vorliegenden Gutachtens zur Standorteignung von WEA nach DIBt 2012 ist die I17-Wind GmbH & Co. KG. Der Auftraggeber erhält nach § 31 Urheberrechtsgesetz das einfache Nutzungsrecht, welches nur durch Zustimmung des Urhebers übertragen werden kann. Eine Bereitstellung zum uneingeschränkten Download in elektronischen Medien ist ohne gesonderte Zustimmung des Urhebers nicht gestattet.

Akkreditierung

Die I17-Wind GmbH & Co. KG ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 durch die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) für die Bereiche „Erstellen von Schallimmissionsprognosen für Windenergieanlagen; Erstellen von Schattenwurfimmissionsprognosen für Windenergieanlagen; Prüfung der Standorteignung von Windenergieanlagen mittels Berechnung (Turbulenzgutachten)“ akkreditiert. Die Registriernummer der Urkunde lautet D-PL-21268-01-00. Diese kann angefragt, oder in der Datenbank der akkreditierten Stellen der DAkkS eingesehen werden.

Die I17-Wind GmbH & Co. KG ist Mitglied im Sachverständigenbeirat des Bundesverbandes WindEnergie (BWE) e.V.

Anmerkung zu Typenprüfung und Anlagenparametern der WEA

Wenn zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung die Typenprüfung oder Einzelprüfung für die geplanten WEA noch nicht vorlag, wurde der Vergleich auf Basis vom Hersteller übermittelter Auslegungswerte der geplanten WEA durchgeführt. Es besteht die Möglichkeit, dass die im Genehmigungsverfahren eingereichten Dokumente bezüglich der Auslegungswerte der betrachteten WEA nicht mit den im vorliegenden Gutachten zitierten Dokumenten übereinstimmen. Die zitierten Dokumente entsprechen dem aktuellen Stand zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung. Bei abweichenden Dokumenten behält das vorliegende Gutachten dennoch seine Gültigkeit, wenn die im Gutachten berücksichtigten Auslegungswerte durch die im Rahmen des Genehmigungsverfahrens eingereichten Auslegungswerte abgedeckt sind. Im Folgenden ist der Begriff Einzelprüfung stets durch den Begriff Typenprüfung mit abgedeckt, auch wenn dies nicht explizit erwähnt wird.

Änderungen der berücksichtigten Anlagenparameter wie c_t -Kurve und Schnelllaufzahl λ sind dem Anlagenhersteller vorbehalten und bedürfen einer neuen Berechnung und Bewertung. Bei einer Änderung der Anlagenparameter gegenüber dem Stand zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung verliert das vorliegende Gutachten seine Gültigkeit.

Revisionsnummer	Datum	Änderung	Verfasser
0	28.07.2023	Erste Ausgabe	Clausen

Verfasser:

M. Ed. Florian Clausen, Sachverständiger
Husum, 28.07.2023



Geprüft:

M. Eng. Davud Ibrahim
Husum, 28.07.2023



Freigegeben:

M. Ed. Florian Clausen, Sachverständiger
Husum, 28.07.2023



Dieses Dokument wurde digital signiert und die Integrität des Dokuments wurde überprüft. Das zugehörige Zertifikat kann von der I17-Wind GmbH & Co. KG auf Anfrage gerne zur Verfügung gestellt werden.

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkung.....	7
1.1	Allgemeines	7
1.2	Geführte Nachweise.....	7
1.2.1	Nachweis der Standorteignung an topografisch nicht komplexen Standorten durch Vergleich der Windbedingungen.....	8
1.2.2	Nachweis der Standorteignung an topografisch komplexen Standorten durch Vergleich der Windbedingungen.....	8
1.2.3	Verfahren bei Überschreitungen – Nachweis durch Vergleich der Lasten	9
1.3	Hinweise zu den zu Grunde gelegten Richtlinien.....	10
1.4	Qualität der zu Grunde gelegten Daten und Modelle.....	11
2	Aufgabenstellung und Standort	12
2.1	Umfang des Gutachtens	12
2.2	Standortbeschreibung.....	12
2.3	Auslegungswindbedingungen der geplanten WEA	12
3	Vergleich der Windbedingungen.....	15
3.1	Grundlagen.....	15
3.2	Vergleich v_{ave} und v_{m50}	16
3.2.1	Vergleich der mittleren Windgeschwindigkeit v_{ave}	16
3.2.2	Vergleich der 50-Jahres-Windgeschwindigkeit v_{m50}	16
3.3	Vergleich der effektiven Turbulenzintensität I_{eff}	17
3.3.1	Auslegungswindbedingungen hinsichtlich der Turbulenzintensität	17
3.3.2	Ermittlung der Umgebungsturbulenzintensität	19
3.3.3	Ermittlung der effektiven Turbulenzintensität I_{eff}	21
3.4	Schräganströmung δ	26
3.5	Höhenexponent α	26
3.6	Luftdichte ρ	27
3.7	Extreme Turbulenzintensität I_{ext}	28
4	Zusammenfassung.....	29
4.1	Neu geplante WEA	29
4.2	Bestehende WEA.....	30
4.2.1	Nachweis der Standorteignung durch den Vergleich mit den Auslegungswerten	30
4.2.2	Zusammenfassung.....	30
5	Standortbesichtigung	31
	Abkürzungs- und Symbolverzeichnis.....	32
	Literaturverzeichnis.....	34

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Zu untersuchende Windparkkonfiguration; Kartenmaterial: [19.1, 19.2]..... 14

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Zu untersuchende Windparkkonfiguration	13
Tabelle 2.2: Auslegungswindbedingungen der neu geplanten WEA	13
Tabelle 3.1: Windverhältnisse am Standort WV 1/1 [22.1]	15
Tabelle 3.2: Vergleich der mittleren Windgeschwindigkeit v_{ave} auf Nabenhöhe der geplanten WEA..	16
Tabelle 3.3: Vergleich der 50-Jahres-Windgeschwindigkeit v_{m50} auf Nabenhöhe der geplanten WEA	17
Tabelle 3.4: Richtlinienabhängige Auslegungswindbedingungen hinsichtlich der Turbulenzintensität	18
Tabelle 3.5: Komplexitätskriterien und C_{CT} nach DIN EN IEC 61400-1:2019 [6].....	20
Tabelle 3.6: Repräsentative Turbulenzintensität für einen Standort.....	21
Tabelle 3.7: Ermittelte effektive Turbulenzintensitäten I_{eff} (nach Zubau).....	24
Tabelle 3.8: Geforderte Betriebsweisen gemäß [25]	25
Tabelle 3.9 Standortmittelwert der Schräganströmung δ_{NH} der neu geplanten WEA.....	26
Tabelle 3.10 Standortmittelwert des Höhenexponenten α_{NH} der neu geplanten WEA.....	26
Tabelle 3.11: Standortmittelwert der Luftdichte ρ_{NH} der neu geplanten WEA.....	27
Tabelle 3.12: Ermittelte extreme Turbulenzintensitäten $I_{ext, NH}$	28
Tabelle 4.1: Zusammenfassung der Ergebnisse geplante WEA.....	29
Tabelle 4.2: Zusammenfassung der Ergebnisse Bestands-WEA.....	30

1 Vorbemerkung

1.1 Allgemeines

Das Deutsche Institut für Bautechnik DIBt hat Anfang des Jahres 2013 die Fassung Oktober 2012 der „Richtlinie für Windenergieanlagen – Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“ veröffentlicht und im März 2015 eine korrigierte Fassung herausgegeben [1.1], auf deren Grundlage das vorliegende Gutachten erstellt wurde.

Aufgrund fehlender Kriterien für einen Immissionsgrenzwert für die durch benachbarte Windenergieanlagen verursachten erhöhten Turbulenzbelastungen an einer WEA, können ersatzweise die Kriterien der Standorteignung bezüglich der effektiven Turbulenzintensität für eine Turbulenzimmissionsprognose im Rahmen eines Antrages nach dem Bundes-Immissionsschutz-Gesetz (BImSchG) herangezogen werden. Eine Reduktion der Lebenszeit und der zusätzliche Verschleiß der WEA sind zumutbar, solange die Standorteignung hinsichtlich der Auslegungswerte der Turbulenzintensität oder hinsichtlich der Auslegungslasten gewährleistet bleibt. Somit stellt das vorliegende Gutachten zur Standorteignung von WEA zusätzlich eine Turbulenzimmissionsprognose im Sinne des BImSchG dar und kann als Bestandteil der Antragsstellung nach dem BImSchG verwendet werden.

1.2 Geführte Nachweise

Die Richtlinie DIBt 2012 [1.1] fordert in Kapitel 16 ein alternatives, vereinfachtes Verfahren zum Nachweis der Standorteignung von WEA, das jedoch nur angewendet werden darf, wenn die Standorte der geplanten WEA nach DIN EN 61400-1:2011-08 [7] als nicht topografisch komplexe Standorte zu bezeichnen sind. Im Dezember 2019 wurde die Norm DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] veröffentlicht, welche die Norm DIN EN 61400-1:2011-08 [7] ersetzt. Entsprechend der Richtlinie DIBt 2012 [1.1] ist die jeweils angewendete Ausgabe der Norm DIN EN (IEC) 61400-1, entsprechend [6] oder [7], in Ihrer Gesamtheit anzuwenden, weshalb auch die Ermittlung der topografischen Komplexität im vorliegenden Gutachten nach [6] erfolgt. Sind vereinzelte Standorte neu geplanter WEA als topografisch komplex zu bezeichnen, wird der vereinfachte Nachweis der Standorteignung nach [1.1] um die Kriterien nach DIN EN IEC 61400-1:2019 [6], Abschnitt 11.9, erweitert. Die Vergleiche der Auslegungswerte für die zu untersuchenden Größen mit den im Rahmen dieses Gutachtens ermittelten Werten sind nach der DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 nur für neu geplante Anlagen zu führen [1.1]. Für bestehende Anlagen, die nach der DIBt 1993 [3] oder DIBt 2004 [2] typengeprüft wurden, darf im Falle einer Parkänderung / -erweiterung der Nachweis der Standorteignung auch weiterhin nach dem Verfahren der DIBt 2004 erbracht werden [1.1].

Die Richtlinie DIBt 2012 [1.1] lässt folgende Möglichkeiten, bzw. mögliche auftretende Konfigurationen, in Bezug auf die Typenprüfung und die dieser zu Grunde gelegten Richtlinie, unberücksichtigt:

- i. Der geplanten Anlage liegt eine Typenprüfung nach der Richtlinie DIBt 2004 [2] zu Grunde.
- ii. Einer oder mehrerer zu berücksichtigender Bestandsanlagen liegt eine Typenprüfung nach der DIBt 2012 [1.1] Richtlinie zu Grunde.

Für diese zwei beschriebenen Fälle, die nicht durch die DIBt 2012 [1.1] abgedeckt sind, werden folgende Verfahrensweisen gemäß [1.2] als Quasistandard angewandt:

- i. Liegt einer neu geplanten Anlage eine Typenprüfung gemäß DIBt 2004 [2] zu Grunde, wird der Nachweis der Standorteignung basierend auf dem vereinfachten Verfahren nach DIBt 2012 [1.1], beschrieben in Abschnitt 1.2.1, geführt. Dieser Nachweis entspricht den Mindestanforderungen der zum Nachweis der Standorteignung der Typenprüfung nach DIBt 2004 [2] zu Grunde gelegten Richtlinie DIN EN 61400-1:2004 [8], bzw. IEC 61400-1 ed.2 [4].
- ii. Da davon auszugehen ist, dass für bereits genehmigte, bzw. bestehende Anlagen mit einer Typenprüfung nach DIBt 2012 [1.1] die Standorteignung in deren Genehmigungsverfahren

nachgewiesen wurde, werden nur durch hinzukommende Anlagen beeinflusste Parameter geprüft und mit den Auslegungswerten verglichen. Dies entspricht lediglich der effektiven Turbulenzintensität I_{eff} , welche durch einen Zubau erhöht werden kann.

Nach DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12 [9] ist bei zylindrischen Bauwerken die Untersuchung von Interferenzeffekten oder wirbelerregten Schwingungen zu führen, wenn deren Abstand untereinander den in [9] definierten Mindestabstand unterschreitet. Diese Untersuchung ist nicht Bestandteil der Richtlinie DIBt 2012 [1.1] und wird daher im vorliegenden Gutachten nicht durchgeführt, sondern hat durch einen dritten unabhängigen Gutachter oder Prüfstatiker zu erfolgen.

1.2.1 Nachweis der Standorteignung an topografisch nicht komplexen Standorten durch Vergleich der Windbedingungen

Der nach der DIBt Richtlinie Fassung 2012 [1.1] vereinfachte Nachweis zur Standorteignung verlangt folgende Nachweise der Windbedingungen auf Nabenhöhe der geplanten WEA:

- i. Vergleich der mittleren Windgeschwindigkeit.
 - (1) Die mittlere Windgeschwindigkeit am Standort ist um mindestens 5 % kleiner als gemäß Typen-/Einzelprüfung, oder
 - (2) die mittlere Windgeschwindigkeit ist kleiner als gemäß Typen-/Einzelprüfung und für den Formparameter k der Weibull-Funktion gilt: $k \geq 2$.
- ii. Vergleich der effektiven Turbulenzintensität nach DIN EN 61400-1:2011-08 [7] zwischen $0.2 v_{m50}(h)$ und $0.4 v_{m50}(h)$ mit der Auslegungsturbulenz nach NTM.
- iii. Vergleich der 50-Jahreswindgeschwindigkeit.
 - (1) Die Windzone gemäß Typen-/Einzelprüfung deckt die Windzone des betrachteten Standortes entsprechend der Windzonenkarte ab (die detaillierten Regelungen gemäß DIN EN 1991-1-4, Absatz 4.3.3 einschließlich NA [9] für nicht ebene Geländelagen sind ggf. zu beachten), oder
 - (2) die 50-Jahreswindgeschwindigkeit $v_{m50}(h)$ gemäß Typen-/Einzelprüfung deckt die 50-Jahreswindgeschwindigkeit am Standort ab (z.B. Nachweis durch eine Extremwindabschätzung).

1.2.2 Nachweis der Standorteignung an topografisch komplexen Standorten durch Vergleich der Windbedingungen

Handelt es sich nach Abschnitt 11.2 der DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] um einen als topografisch komplex zu bezeichnenden Standort der Kategorie L, M oder H und liegt der zu untersuchenden WEA eine Typenprüfung nach DIBt 2012 [1.1] zu Grunde, wird der vereinfachte Nachweis zur Standorteignung nach Abschnitt 1.2.1 um folgende Nachweise der Windbedingungen auf Nabenhöhe der geplanten WEA, basierend auf DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] erweitert.

- i. Der windenergiegewichtete Mittelwert aller Richtungen der Schräganströmung δ darf den vorgegebenen Wert von $\pm 8^\circ$, bzw. den in der Typenprüfung angegebenen Wert, nicht überschreiten bzw. unterschreiten.
- ii. Der über alle Richtungen und Windgeschwindigkeiten energiegewichtete Standortmittelwert des Höhenexponenten α darf den Wert von $0.05 \leq \alpha \leq 0.25$, bzw. den in der Typenprüfung angegebenen Wert nicht überschreiten bzw. unterschreiten.
- iii. Der Standortmittelwert der Luftdichte ρ darf bei allen Windgeschwindigkeiten größer gleich der Nennwindgeschwindigkeit v_r den Wert 1.225 kg/m^3 oder den in der Typenprüfung angegebenen Wert nicht überschreiten. Alternativ kann eine Luftdichte über dem Wert von 1.225 kg/m^3 oder dem in der Typenprüfung angegebenen Wert durch Einhaltung der folgenden Ungleichung nachgewiesen werden:

$$\rho_{\text{Auslegung}} * v_{\text{ave,Auslegung}}^2 \geq \rho_{\text{Standort}} * v_{\text{ave,Standort}}^2$$

- iv. Es ist der Nachweis zu erbringen, dass die Auslegungswerte des ETM auch unter Berücksichtigung der Nachlafsituation mit der höchsten Nachlaufturbulenz im Zentrum des Nachlafs, nicht überschritten werden.

1.2.3 Verfahren bei Überschreitungen – Nachweis durch Vergleich der Lasten

Kann der vereinfachte Nachweis der Windbedingungen nach DIBt 2012 [1.1] aus Abschnitt 1.2.1 nicht geführt werden, da die zu prüfenden Parameter mittlere Windgeschwindigkeit v_{ave} oder effektive Turbulenzintensität I_{eff} nicht eingehalten werden, kann die Standorteignung durch einen Lastvergleich (Vergleich der standortspezifischen Lasten mit den Lastannahmen der Typenprüfung) der Betriebsfestigkeitslasten nachgewiesen werden. In diesem Fall ist der Nachweis der Standorteignung der jeweiligen WEA auf Basis eines Lastvergleiches der Betriebsfestigkeitslasten (DLC 1.2) zu führen. Wird der Auslegungswert v_{m50} nicht eingehalten, kann die Standorteignung auf Basis eines Lastvergleiches der Extremlasten nachgewiesen werden. In diesem Fall ist der Nachweis der Standorteignung der jeweiligen WEA auf Basis eines Lastvergleiches der Extremlasten (DLC 1.1, DLC 1.3, DLC 6.1, und DLC 6.2) zu führen.

Kann der Nachweis der Windbedingungen an einem als topografisch komplex zu bezeichnenden Standort nach Abschnitt 1.2.1 und Abschnitt 1.2.2 nicht geführt werden, da einer oder mehrere der zu prüfenden Werte nicht eingehalten werden, kann die Standorteignung entsprechend DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] auf Basis eines Lastvergleiches unter Berücksichtigung der standortspezifischen Windbedingungen aus Abschnitt 1.2.1 und Abschnitt 1.2.2 durchgeführt werden. Demnach ist der Nachweis der Standorteignung der jeweiligen WEA auf Basis eines Lastvergleiches der Betriebsfestigkeitslasten (DLC 1.2) und/oder der Extremlasten (DLC 1.1, DLC 1.3, DLC 6.1, und DLC 6.2) zu führen.

In beiden Fällen werden die der Typenprüfung zu Grunde gelegten Auslegungslasten mit den standortspezifischen Lasten, die auf Basis der standortspezifischen Windbedingungen aus dem vorliegenden Gutachten ermittelt werden, verglichen. Wenn sich zeigt, dass die standortspezifischen Lasten die Auslegungslasten nicht überschreiten oder diese einhalten, ist eine Standorteignung durch den Vergleich der Lasten nachgewiesen. Werden die Auslegungslasten nicht eingehalten, muss die Anlage gegebenenfalls mit einer sektoriellen Betriebseinschränkung betrieben werden, um die Lasten soweit zu reduzieren, dass sie innerhalb der Auslegungslasten liegen, oder die Standorteignung kann nicht durch einen Vergleich der Lasten nachgewiesen werden.

Die Berechnung der standortspezifischen Lasten erfolgt in der Regel durch den Hersteller der betrachteten WEA. Der zugehörige Bericht zur durchgeführten Lastberechnung wird der I17-Wind GmbH & Co. KG im Rahmen einer Geheimhaltungsvereinbarung vorgelegt. Zudem ist es möglich die Betriebsfestigkeits- und Extremlasten einer WEA basierend auf einem generischen Anlagenmodell zu ermitteln und mit den Auslegungslasten, welche mittels des identischen generischen Anlagenmodells ermittelt werden, zu vergleichen. Diese Berechnungen erfolgen in der Regel nicht durch den Anlagenhersteller, sondern durch einen dritten unabhängigen Gutachter. Die Berichte werden von der I17-Wind GmbH & Co. KG dahingehend überprüft, dass die Eingangsdaten korrekt übernommen und angesetzt wurden. Das Ergebnis einer Lastberechnung wird als richtig vorausgesetzt. Eine Haftung für die Richtigkeit einer Lastrechnung, sowohl eines Anlagenherstellers als auch eines dritten, unabhängigen Gutachters, wird nicht übernommen.

1.3 Hinweise zu den zu Grunde gelegten Richtlinien

Folgende, von der DIBt 2012 Richtlinie [1.1] und der DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] abweichende, jedoch konservativ abdeckende, Verfahren wurden für das vorliegende Gutachten zur Standorteignung von WEA gewählt:

- I. Entsprechend der DIBt 2012 [1.1] ist es für eine Prüfung der Standorteignung Voraussetzung, dass für die WEA eine Typenprüfung bzw. eine Einzelprüfung vorliegt. Ist dies nicht der Fall, wird der Vergleich auf Basis von vorläufigen Auslegungswerten, für die die Typenprüfung voraussichtlich angestrebt wird, durchgeführt. Somit behält das vorliegende Gutachten im Falle einer Typenprüfung bzw. Einzelprüfung, welche die zu Grunde gelegten Auslegungsparameter abdeckt, seine Gültigkeit.
- II. Es wird davon ausgegangen, dass jede im Gutachten betrachtete WEA die Ihrer Typenprüfung zu Grunde gelegte Auslegungslebensdauer τ_{TP} noch nicht überschritten hat.
- III. Der Vergleich des Standortwertes der mittleren Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe v_{ave} mit dem Auslegungswert kann nur nach [1.1] erfolgen, wenn die Auslegungswerte der zu betrachtenden WEA einen Formparameter k der Weibullverteilung von $k = 2.0$ ausweisen. Wenn die Auslegungswerte der zu betrachtenden WEA einen Formparameter $k \neq 2.0$ ausweisen, kann der in [1.1] geforderte Vergleich nicht mehr erfolgen. In diesem Fall wird das Verfahren nach [6] gewählt, welches einen Vergleich der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion pdf_{NH} der standortspezifischen Windgeschwindigkeiten mit der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion pdf_{TP} der Typenprüfung in einem Bereich von $v_{ave} - 2v_{ave}$ fordert. Zusätzlich wird der Bereich von $0.2v_{ref} - 0.4v_{ref}$ nach [7] herangezogen und stets der konservativ abdeckende Bereich dem Vergleich zu Grunde gelegt. In dem zu untersuchenden Bereich muss die Bedingung $pdf_{NH} \leq pdf_{TP}$ erfüllt sein. Die Berechnung der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen pdf_{NH} und pdf_{TP} erfolgt entsprechend [6] auf Basis der Standortmittelwerte A_{NH} und k_{NH} bzw. der Auslegungswerte A_{TP} und k_{TP} der zu untersuchenden WEA.
- IV. Erfolgt der Nachweis der Standorteignung durch den Vergleich der Windbedingungen nach Abschnitt 1.2.1 und 1.2.2, hat der Vergleich der standortspezifischen effektiven Turbulenzintensität und der Auslegungsturbulenz nach NTM in dem Bereich zwischen $0.2v_{m50}(h)$ und $0.4v_{m50}(h)$ zu erfolgen [1.1]. Liegt einer zu betrachtenden WEA keine Auslegungsturbulenz nach NTM vor, erfolgt der Vergleich mit der in der Typenprüfung aufgeführten Auslegungsturbulenz. Entsprechend [6] hat der Vergleich in dem Bereich zwischen v_{ave} und $2v_{ave}$ zu erfolgen. Erfolgt der Nachweis der Standorteignung durch den Vergleich der Lasten nach Abschnitt 1.2.3, sind der Lastberechnung nach [1.1] mindestens die standortspezifischen effektiven Turbulenzintensitäten von v_{in} bis $0.4v_{m50}(h)$ bzw. von v_{in} bis v_{out} entsprechend DLC 1.2 nach [6] zu Grunde zu legen. Im vorliegenden Gutachten werden die standortspezifischen effektiven Turbulenzintensitäten mindestens im Windgeschwindigkeitsbereich von 5 m/s bis 25 m/s (bzw. v_{out} wenn $v_{out} < 25$ m/s) ausgewiesen, was die oben beschriebenen Anforderungen für den Nachweis der Standorteignung durch den Vergleich der Windbedingungen nach [1.1], [6] und auch [7] abdeckt. Erfolgt der Nachweis der Standorteignung durch den Vergleich der Lasten, werden dem Anlagenhersteller grundsätzlich die standortspezifischen effektiven Turbulenzintensitäten in dem Bereich von v_{in} bis v_{out} zur Verfügung gestellt. Liegt einer zu prüfenden WEA eine Typenprüfung nach [2] zu Grunde, erfolgt der Vergleich mit der Turbulenzkurve für Turbulenzkategorie A nach [1.1], da dieser Verlauf den nach [2] anzusetzenden mit abdeckt.
- V. Bezüglich der effektiven Turbulenzintensität I_{eff} werden grundsätzlich alle Anlagen im Umkreis des 10fachen Rotordurchmessers D der geplanten Anlage(n) in die Betrachtung einbezogen und nachgewiesen. Dieses Kriterium deckt alle Kriterien nach [1.1], [6] und [7] ab.
- VI. Der standortspezifische Mittelwert der Luftdichte ρ wird abdeckend für alle Windgeschwindigkeiten angegeben.

- VII. Hinsichtlich der Auslegungswindbedingungen des ETM werden die Werte der höchsten Turbulenz im Zentrum des Nachlaufs ausgewiesen. Da eine Überschreitung der Auslegungswindbedingungen bezüglich des ETM in der Regel mit einer Überschreitung der effektiven Turbulenzintensität einhergeht, kann davon ausgegangen werden, dass eine Überschreitung der extremen Turbulenzintensität nur in solchen Fällen eintritt, in denen die Standorteignung durch eine Lastrechnung des Hersteller nachgewiesen werden muss, was dann auf Basis der ausgewiesenen Werte für die Extremturbulenz erfolgt. Aus diesem Grund wird der Vergleich der Auslegungswindbedingungen des ETM mit den Standortbedingungen nicht geführt.
- VIII. Auf Grund der verwendeten Berechnungsprogramme und deren Zahlenausgabeformat, werden die im vorliegenden Gutachten ausgewiesenen Ergebnisse in der Regel mit dem Dezimaltrennzeichen „Punkt“ versehen.
- IX. Auf Grund der unterschiedlichen Begrifflichkeiten und Bezeichnungen identischer Größen in den zu Grunde gelegten Richtlinien und Normen, werden im vorliegenden Gutachten teilweise Begriffe und Bezeichnungen gewählt bzw. eingeführt, die, soweit möglich, eine Ähnlichkeit zu den jeweiligen Begriffen und Bezeichnungen in den Richtlinien und Normen aufweisen, um sie diesen zuordnen zu können. Die korrekte Umsetzung der in den Richtlinien und Normen geforderten Vergleiche bleibt davon unberührt.

1.4 Qualität der zu Grunde gelegten Daten und Modelle

Alle im Rahmen des vorliegenden Gutachtens ermittelten Ergebnisse und Zwischenergebnisse basieren einerseits auf Angaben, die vom Auftraggeber übermittelt wurden und andererseits auf Berechnungsergebnissen, die durch die I17-Wind GmbH & Co. KG ermittelt wurden. Zu den Unsicherheiten der den Eingangsdaten vom Auftraggeber zu Grunde gelegten Berechnungsmodellen kann seitens der I17-Wind GmbH & Co. KG keine Aussage getroffen werden. Diese Eingangsdaten werden im Weiteren als richtig und repräsentativ für den betrachteten Standort vorausgesetzt.

Die in den Berechnungen herangezogenen Anlagenparameter, Schubbeiwert c_t und Schnelllaufzahl λ , werden in der Regel vom Anlagenhersteller bereitgestellt. Diese Werte werden als richtig vorausgesetzt. Die berücksichtigten Werte entsprechen dem Stand zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung. Änderungen sind dem Anlagenhersteller vorbehalten und bedürfen einer neuen Berechnung und Bewertung. Bei Anlagen, für die keine Informationen vorliegen, werden konservativ abdeckende, generische Anlagenparameter angesetzt, wobei keine Haftung für die Richtigkeit der ermittelten Werte übernommen wird.

Die im vorliegenden Gutachten angegebenen Nabenhöhen der geplanten WEA entsprechen stets der aktuell vorliegenden Dokumentation. In der Entwicklungsphase einer WEA sind geringfügige Änderungen der Nabenhöhe ohne eine Änderung der zu Grunde gelegten Auslegungswindbedingungen möglich, sodass die im vorliegenden Gutachten betrachtete Nabenhöhe von der in den Antragsunterlagen ausgewiesenen Nabenhöhe geringfügig abweichen kann. Das Gleiche gilt für die in den Genehmigungen dokumentierten Nabenhöhen bestehender WEA, die ebenfalls geringfügig von aktuellen Werten abweichen können. Bei einer Abweichung der Nabenhöhe von maximal ± 1 m behält das vorliegende Gutachten seine vollumfängliche Gültigkeit, wenn die im Gutachten berücksichtigten Auslegungswindbedingungen, durch die im Rahmen des Genehmigungsverfahrens eingereichten Auslegungswindbedingungen, abgedeckt sind.

Den von der I17-Wind GmbH & Co. KG ermittelten Ergebnissen liegen unterschiedliche, vereinfachte physikalische Modelle zu Grunde, die nur annähernd die Realität abbilden, jedoch als konservativ zu bewerten sind. Des Weiteren werden bei den Berechnungen teilweise vereinfachende Annahmen getroffen, die jedoch allesamt ebenfalls als konservativ zu bewerten sind.

2 Aufgabenstellung und Standort

2.1 Umfang des Gutachtens

Da im geplanten Windpark kein Anlagenstandort einer nach DIBt 2012 typengeprüften neu geplanten Anlage nach DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] als topografisch komplexer Standort zu bezeichnen ist, findet für alle WEA das vereinfachte Verfahren nach Abschnitt 1.2.1 Anwendung.

2.2 Standortbeschreibung

Der Auftraggeber plant die Errichtung von zwei WEA des Typs Nordex N163/6.X MW auf 164.0 m bzw. 118.0 m Nabenhöhe am Standort Borgentreich-Ost in Nordrhein-Westfalen. Die geplanten WEA sollen mit einer Nennleistung von 6800 kW betrieben werden.

Die I17-Wind GmbH & Co. KG wurde damit beauftragt, ein Gutachten zur Standorteignung von WEA nach der DIBt 2012 Richtlinie [1.1] unter Berücksichtigung der in Tabelle 2.1 aufgeführten [21] und in Abbildung 2.1 dargestellten WEA zu erstellen. Auf Grund des Abstandes von 2.5 km zu einigen der Bestands-WEA, wurden die Bestands-WEA im vorliegenden Gutachten nur teilweise berücksichtigt. Tabelle 2.1 führt neben den Spezifikationen der WEA am Standort auch die der Typenprüfung zu Grunde gelegten, bzw. bei fehlender Information unterstellten, Richtlinien auf. Des Weiteren wird aufgeführt, welcher Wöhlerlinienkoeffizient m und welcher Betriebsmodus für die Berechnung der effektiven Turbulenzintensität I_{eff} herangezogen wurde. Die Ergebnisse in 3.3.3 berücksichtigen den jeweiligen Wöhlerlinienkoeffizienten aus Tabelle 2.1. Wenn über den Betriebsmodus keine Informationen in den Eingangsdaten vorliegen, wird stets mit dem Betriebsmodus gerechnet, der die konservativsten Ergebnisse liefert, was dem offenen, nicht leistungsreduzierten Betriebsmodus entspricht.

Die Spalte „Innerhalb 10 D “ weist aus, welche WEA sich innerhalb eines Umkreises von 10 D um die geplanten WEA befinden. Für diese WEA hat nach [6] und [7] eine Bewertung der topografischen Komplexität und der effektiven Turbulenzintensität I_{eff} zu erfolgen.

Im vorliegenden Gutachten beziehen sich alle Bezeichnungen auf die interne, laufende W-Nummer. Wird eine Größe mit dem Index $_{TP}$ bezeichnet, handelt es sich um den Auslegungswert der zu betrachtenden WEA. Eine Bezeichnung mit dem Index $_{NH}$ weist auf den standortspezifischen Wert der betrachteten Anlage hin.

Im vorgegeben Windparklayout ergibt sich der geringste relative Abstand s einer neu geplanten WEA zu einer anderen WEA von 2.46, bezogen auf den größeren Rotordurchmesser D . Dies betrifft die WEA W1 und W2.

2.3 Auslegungswindbedingungen der geplanten WEA

Die Auslegungswindbedingungen werden entweder der Typenprüfung entnommen oder vom Hersteller übermittelt. Da der Vergleich der Auslegungswindbedingungen, abgesehen von I_{eff} , mit den standortspezifischen Bedingungen nur für neu geplante WEA zu führen ist, werden in Tabelle 2.2 nur die Auslegungswindbedingungen der neu geplanten WEA aufgeführt.

Tabelle 2.1: Zu untersuchende Windparkkonfiguration

Interne W-Nr.	Neu / Bestand	Innerhalb 10 D	Topografische Komplexität		UTM ETRS89 Zone 32		Hersteller	WEA Typ	NH ¹ [m]	D [m]	Betriebsmodus	FEH [m]	P _N [kW]	Prüfgrundlage DIBt	TK	Auslegungslebensdauer τ _{TP} [a]	m _{max, TP} [-]
			Komplex	Kategorie	X [m]	Y [m]											
W1	Neu	Ja	Nein	-	519928	5714958	Nordex	N163/6.X	164.0	163.0	Mode 1	0.0	6800	2012	S	25	14
W2	Neu	Ja	Nein	-	519631	5715228	Nordex	N163/6.X	118.0	163.0	Mode 1	0.0	6800	2012	S	25	14
W3	Bestand	Nein	-	-	519201	5712792	Vestas	V162-5.6 MW	169.0	162.0	Modus 0	0.0	5600	2012	S	20	10
W4	Bestand	Nein	-	-	519041	5713142	Vestas	V162-5.6 MW	169.0	162.0	Modus 0	0.0	5600	2012	S	20	10
W5	Bestand	Ja	Nein	-	519361	5714032	Vestas	V162-5.6 MW	169.0	162.0	Modus 0	0.0	5600	2012	S	20	10
W6	Bestand	Ja	Nein	-	518360	5714256	Vestas	V162-5.6 MW	169.0	162.0	Modus 0	0.0	5600	2012	S	20	10
W7	Bestand	Ja	Nein	-	518429	5714826	Vestas	V162-5.6 MW	169.0	162.0	Modus 0	0.0	5600	2012	S	20	10
W8	Bestand	Nein	-	-	516741	5715649	Vestas	V162-6.2 MW	119.0	162.0	PO 6200	0.0	6200	2012	S	20	10
W9	Bestand	Nein	-	-	516301	5715378	Vestas	V162-6.2 MW	119.0	162.0	PO 6200	0.0	6200	2012	S	20	10
W10	Bestand	Nein	-	-	516763	5715215	Vestas	V162-6.2 MW	119.0	162.0	PO 6200	0.0	6200	2012	S	20	10
W11	Bestand	Nein	-	-	517202	5714984	Vestas	V162-6.2 MW	119.0	162.0	PO 6200	0.0	6200	2012	S	20	10
W12	Bestand	Nein	-	-	516085	5714892	Vestas	V162-6.2 MW	119.0	162.0	PO 6200	0.0	6200	2012	S	20	10
W13	Bestand	Ja	Nein	-	519317	5715917	Tacke	TW 600	50.0	43.0	Standard	0.0	600	1993	A	20	10
W14	Bestand	Ja	Nein	-	519999	5713425	Micon	M700	40.0	29.6	Standard	0.0	225	1993	A	20	10
W15	Bestand	Nein	-	-	520502	5712891	Micon	M1500-600	50.0	48.0	Standard	0.0	600	1993	A	20	10
W16	Bestand	Nein	-	-	520316	5712932	Micon	M700	40.0	29.6	Standard	0.0	225	1993	A	20	10
W17	Bestand	Nein	-	-	520351	5711320	Vestas	V162-5.6 MW	169.0	162.0	Modus 0	0.0	5600	2012	S	20	10
W25	Bestand	Nein	-	-	522984	5716526	GE	GE-1.5sl	100.0	77.0	Standard	0.0	1500	1993	A	20	10
W26	Bestand	Nein	-	-	522954	5716252	GE	GE-1.5sl	100.0	77.0	Standard	0.0	1500	1993	A	20	10
W27	Bestand	Nein	-	-	522966	5715983	GE	GE-1.5sl	100.0	77.0	Standard	0.0	1500	1993	A	20	10
W28	Bestand	Nein	-	-	522572	5716014	GE	GE-1.5sl	100.0	77.0	Standard	0.0	1500	1993	A	20	10
W29	Bestand	Nein	-	-	522734	5716661	GE	GE-1.5sl	100.0	77.0	Standard	0.0	1500	1993	A	20	10
W30	Bestand	Nein	-	-	522618	5716259	Vestas	V52-850 kW	86.0	52.0	Mode 0	0.0	850	1993	A	20	10
W31	Bestand	Nein	-	-	522658	5716422	Vestas	V52-850 kW	86.0	52.0	Mode 0	0.0	850	1993	A	20	10

Tabelle 2.2: Auslegungswindbedingungen der neu geplanten WEA

Interne W-Nr.	Prüfgrundlage	WZ	GK	v _{ave, TP} [m/s]	k _{TP} [-]	v _{m50, TP} [m/s]	TK	δ _{TP} [°]	α _{TP} [-]	ρ _{TP} [kg/m ³]	Auslegungslebensdauer τ _{TP} [a]	Quelle
W1	DIBt 2012	S	S	7.5	2.4	40.3	S	8.0	0.25	1.237	25	[24.1]
W2	DIBt 2012	S	S	7.5	2.4	38.8	S	8.0	0.25	1.237	25	[24.2]

¹ Siehe Kapitel 1.4 Absatz 3

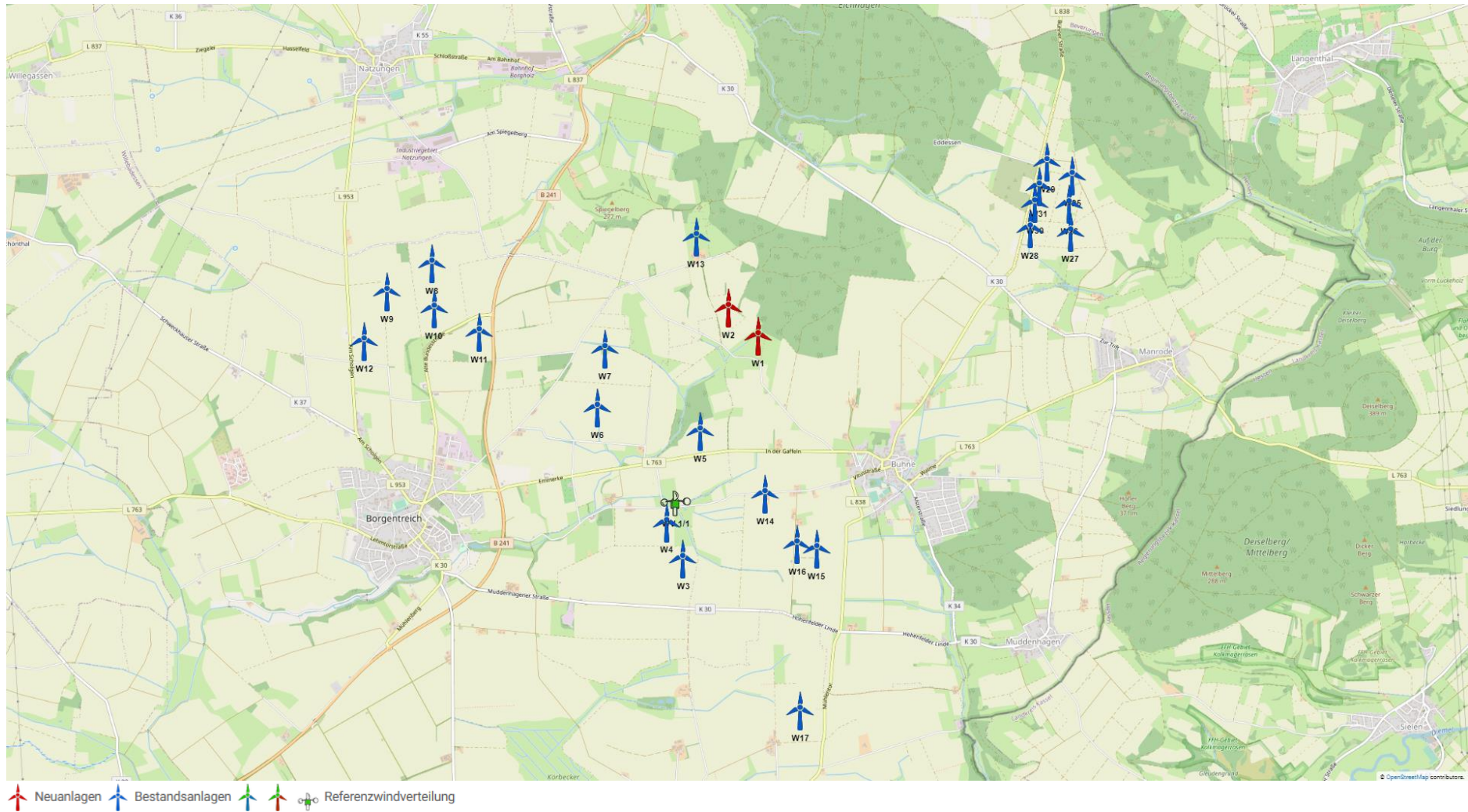


Abbildung 2.1: Zu untersuchende Windparkkonfiguration; Kartenmaterial: [19.1, 19.2]

3 Vergleich der Windbedingungen

3.1 Grundlagen

Vom Auftraggeber wurden standortbezogene Windverhältnisse, unterteilt in mindestens 12 Sektoren, übermittelt [22.1]. Diese werden als richtig und für den Standort repräsentativ vorausgesetzt.

Um die Windverhältnisse auf Nabenhöhe an jedem Anlagenstandort zu ermitteln, werden die Daten der Windverhältnisse [22.1] auf alle notwendigen Höhen umgerechnet, sofern diese nicht vorliegen. Die Umrechnung erfolgt auf Basis eines logarithmischen Windprofils und des am Standort der Windverteilung ermittelten Höhenexponenten α . Bei der vertikalen Umrechnung wird der Formparameter k als invariant mit der Höhe angenommen und lediglich der Skalenparameter A umgerechnet. Eine horizontale Umrechnung vom Standort der Winddaten zu den jeweiligen WEA Standorten erfolgt nicht. Liegen in [22.1] mehrere Windverteilungen vor, werden diese den jeweiligen WEA zugeordnet. Tabelle 3.1 führt eine der in [22.1] übermittelten Windbedingungen am Standort auf.

Tabelle 3.1: Windverhältnisse am Standort WV 1/1 [22.1]

UTM ETRS89 Zone 32			A [m/s]	k [-]	p [%]	v _{ave} [m/s]
X [m]	Y [m]	h _{wv} [m]				
519124	5713395	169.0				
Sektor Windrichtung [°]						
N 0			5.3	2.4	4.4	-
NNO 30			5.4	2.5	3.9	-
ONO 60			5.8	2.5	4.7	-
O 90			6.6	2.5	6.4	-
OSO 120			6.6	2.6	6.2	-
SSO 150			6.1	2.6	5.5	-
S 180			6.9	2.6	8.6	-
SSW 210			8.3	2.9	15.8	-
WSW 240			7.7	2.7	12.3	-
W 270			8.1	2.4	13.6	-
WNW 300			7.6	2.5	12.2	-
NNW 330			6.0	2.4	6.4	-
Gesamt			7.2	2.4	100.0	6.35

3.2 Vergleich v_{ave} und v_{m50}

3.2.1 Vergleich der mittleren Windgeschwindigkeit v_{ave}

Liegt der Typenprüfung einer entsprechend Abschnitt 1.2.1 zu untersuchenden WEA ein Formparameter k mit $k = 2.0$ zu Grunde, ist der Vergleich der Windverhältnisse in Bezug auf die mittlere Windgeschwindigkeit v_{ave} auf Nabenhöhe jeder geplanten WEA so zu führen, dass gilt:

- i. $v_{ave, NH} / v_{ave, TP} \leq 0.95$
oder
- ii. $v_{ave, NH} / v_{ave, TP} \leq 1.00$ und $k_{NH} \geq 2.00$

Liegt der Typenprüfung einer entsprechend Abschnitt 1.2.1 zu untersuchenden WEA ein Formparameter k mit $k \neq 2.0$ zu Grunde, ist der Vergleich der Windverhältnisse in Bezug auf die mittlere Windgeschwindigkeit v_{ave} jeder geplanten WEA wie folgt zu führen:

- i. Vergleich der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der standortspezifischen Windgeschwindigkeiten pdf_{NH} mit der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der Typenprüfung pdf_{TP} in einem Bereich von $v_{ave} - 2v_{ave}$ nach [6] bzw. $0.2v_{ref} - 0.4v_{ref}$ nach [7]. In dem zu untersuchenden Bereich muss die Bedingung $pdf_{NH} \leq pdf_{TP}$ erfüllt sein.

Das Ergebnis der Berechnung der mittleren Windgeschwindigkeit v_{ave} und der Formparameter k der Weibullverteilung auf Nabenhöhe jeder neu geplanten WEA sind in Tabelle 3.2 dargestellt und werden mit den Auslegungswindbedingungen der jeweiligen WEA verglichen.

Tabelle 3.2: Vergleich der mittleren Windgeschwindigkeit v_{ave} auf Nabenhöhe der geplanten WEA

Interne W-Nr.	$v_{ave, NH}$ [m/s]	$v_{ave, TP}$ [m/s]	k_{NH} [-]	k_{TP} [-]	Wenn $k_{TP} = 2$: $v_{ave, NH} / v_{ave, TP}$ [-]	Wenn $k_{TP} \neq 2$: $pdf_{NH} \leq pdf_{TP}$	Nachweis möglich (gemäß 1.2.1)	Lastvergleich erforderlich (gemäß 1.2.3)
W1	6.31	7.50	2.42	2.40	-	Nein	Nein	Ja
W2	6.01	7.50	2.42	2.40	-	Nein	Nein	Ja

3.2.2 Vergleich der 50-Jahres-Windgeschwindigkeit v_{m50}

Der Vergleich der 50-Jahreswindgeschwindigkeit $v_{m50, NH}$ auf Nabenhöhe der geplanten WEA mit dem Auslegungswert kann auf zwei Wegen erfolgen. Wenn die WEA in einer Windzone errichtet werden soll, die niedriger oder gleich der Windzone ist, die der Typenprüfung zu Grunde liegt, reicht der Nachweis, dass die Windzone gemäß Typenprüfung die Windzone des betrachteten Standortes abdeckt [1.1]. Ist dies nicht der Fall, muss nachgewiesen werden, dass die 50-Jahreswindgeschwindigkeit $v_{m50, TP}$ gemäß Typenprüfung die 50-Jahreswindgeschwindigkeit auf Nabenhöhe der geplanten WEA am Standort abdeckt [1.1, 4, 5]. Hierzu muss die 50-Jahreswindgeschwindigkeit $v_{m50, NH}$ mittels einer geeigneten Methode (z.B. der Gumbel-Methode [10]) am Standort ermittelt werden.

Den nachzuweisenden Standorten wird nach DIBt 2012 [1.1], bzw. nach DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12 mit DIN EN 1991-1-4:2010-12 [9] die in Tabelle 3.3 aufgeführte Windzone entsprechend [11] und die Geländekategorie, basierend auf den durch den Standortbesuch gewonnenen Erkenntnissen und den verwendeten Satellitendaten [13], zu Grunde gelegt. Da, nach [1.1], in Übergangsbereichen der Geländekategorien stets die Gleichungen der niedrigeren Kategorie anzusetzen sind, wird der Vergleich in solchen Fällen auf Basis der Gleichungen für die niedrigere Geländekategorie durchgeführt.

In der folgenden Tabelle 3.3 werden die Auslegungswindbedingungen hinsichtlich v_{m50} mit den standortspezifischen Windbedingungen verglichen. Wenn die geplanten WEA in einer Windzone errichtet werden sollen, die durch die Auslegungswindbedingungen abgedeckt ist, ist die Standorteignung hinsichtlich v_{m50} nachgewiesen. Ist der Standort nicht durch die Auslegungswindbedingungen $v_{m50, TP}$ der geplanten WEA abgedeckt, erfolgt der Nachweis über eine standortspezifische Extremwindabschätzung [22.2]. Die Ergebnisse der standortspezifischen

Extremwindabschätzung werden als richtig und repräsentativ für den Standort vorausgesetzt. Kann der Nachweis durch keine der beiden Verfahrensweisen erbracht werden, kann der Nachweis ggf. durch einen Lastvergleich der Extremlasten nach Abschnitt 1.2.3 erbracht werden.

Tabelle 3.3: Vergleich der 50-Jahres-Windgeschwindigkeit v_{m50} auf Nabenhöhe der geplanten WEA

Interne W-Nr.	WZ _{TP}	GK _{TP}	$v_{m50, TP}$ [m/s]	WZ _{NH}	GK _{NH}	$v_{m50, NH}$ [1.1] [m/s]	$v_{m50, NH}$ [22.2] [m/s]	Nachweis möglich (gemäß 1.2.1)	Lastvergleich erforderlich (gemäß 1.2.3)
W1	S	S	40.30	1	II	35.20	-	Ja	Nein
W2	S	S	38.80	1	II	33.40	-	Ja	Nein

3.3 Vergleich der effektiven Turbulenzintensität I_{eff}

3.3.1 Auslegungswindbedingungen hinsichtlich der Turbulenzintensität

Für die Turbulenzintensität auf Nabenhöhe einer nach der DIBt 2012 [1.1] typengeprüften WEA gibt es windgeschwindigkeitsabhängige Auslegungswerte in fünf Kategorien, welche in der DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] aufgeführt sind und der Typenprüfung zu Grunde gelegt werden müssen. Bei den Turbulenzkategorien wird zwischen den vorgegebenen Kategorien A+, A, B, C und der durch den WEA-Hersteller definierbaren Kategorie S unterschieden.

Für WEA die nach der DIBt 2004 [2] typengeprüft sind, muss die windgeschwindigkeitsabhängige Turbulenzkategorie A, welche in der DIN EN 61400-1:2004 [8] definiert ist, als Auslegungswindbedingung hinsichtlich der Turbulenzintensität zu Grunde gelegt sein. Für WEA die nach der DIBt 1993 [3] typengeprüft sind, ist eine konstante, mittlere effektive Turbulenzintensität I_{eff} von 0.20 als Auslegungswindbedingung anzusetzen.

In Tabelle 3.4 sind die unterschiedlichen Turbulenzkategorien und deren Verläufe dargestellt.

Tabelle 3.4: Richtlinienabhängige Auslegungswindbedingungen hinsichtlich der Turbulenzintensität

V _{hub} [m/s]	DIBt 1993 [3]	DIBt 2004 [2]	DIBt 2012 [1.1] DIN EN IEC 61400-1:2019 [6]				
	Konstanter Mittelwert	NTM A [8] [-]	NTM A+ [6] [-]	NTM A [5, 6, 7] [-]	NTM B [5, 6, 7] [-]	NTM C [5, 6, 7] [-]	S [-]
2		0.570	0.639	0.568	0.497	0.426	-
3		0.420	0.471	0.419	0.366	0.314	-
4		0.345	0.387	0.344	0.301	0.258	-
5		0.300	0.337	0.299	0.262	0.224	-
6		0.270	0.303	0.269	0.236	0.202	-
7		0.249	0.279	0.248	0.217	0.186	-
8		0.233	0.261	0.232	0.203	0.174	-
9		0.220	0.247	0.220	0.192	0.165	-
10		0.210	0.236	0.210	0.183	0.157	-
11		0.202	0.227	0.201	0.176	0.151	-
12		0.195	0.219	0.195	0.170	0.146	-
13		0.189	0.213	0.189	0.165	0.142	-
14		0.184	0.207	0.184	0.161	0.138	-
15		0.180	0.202	0.180	0.157	0.135	-
16	-	0.176	0.198	0.176	0.154	0.132	-
17		0.173	0.194	0.173	0.151	0.130	-
18		0.170	0.191	0.170	0.149	0.127	-
19		0.167	0.188	0.167	0.146	0.125	-
20		0.165	0.185	0.165	0.144	0.124	-
21		0.163	0.183	0.163	0.142	0.122	-
22		0.161	0.181	0.161	0.141	0.121	-
23		0.159	0.179	0.159	0.139	0.119	-
24		0.158	0.177	0.157	0.138	0.118	-
25		0.156	0.175	0.156	0.136	0.117	-
26		0.155	0.174	0.154	0.135	0.116	-
27		0.153	0.172	0.153	0.134	0.115	-
28		0.152	0.171	0.152	0.133	0.114	-
29		0.151	0.170	0.151	0.132	0.113	-
30		0.150	0.169	0.150	0.131	0.112	-
Konstanter Mittelwert	0.200	-	-	-	-	-	-

Der Vergleich des standortspezifischen Turbulenzverlaufes mit den windgeschwindigkeitsabhängigen Auslegungswerten erfolgt bei WEA die nach der DIBt 2004 [2] typengeprüft sind, auf Basis der Werte für die Turbulenzkategorie A nach [1.1, 5, 6, 7], da diese die Werte nach [8] mit abdecken.

3.3.2 Ermittlung der Umgebungsturbulenzintensität

3.3.2.1 Datengrundlage

Im Wesentlichen hängt die Umgebungsturbulenz I_{amb} von den Windverhältnissen, der Orographie und der Geländerauigkeit ab. Die Windverhältnisse aus [22.1] enthalten keinerlei Informationen zur Umgebungsturbulenzintensität vor Ort, somit wurde diese auf Basis der vorliegenden Informationen zur Bodenbedeckung [13] und der Topografie [14] am Standort auf Nabenhöhe ermittelt.

3.3.2.2 Vorgehensweise

Die Umgebungsturbulenzintensität I_{amb} beschreibt im Allgemeinen die Schwankung der Windgeschwindigkeit in einem Zeitintervall von 600 s um ihren Mittelwert. Sie ist als der Quotient aus der Standardabweichung σ der Windgeschwindigkeit und der zugehörigen mittleren Windgeschwindigkeit v_{ave} in einem 600 s Intervall zu bilden [6, 7, 8]. Liegen Daten einer Windmessung am Standort vor, kann I_{amb} direkt, bzw. I_{char} durch Addition der 1fachen Standardabweichung der Umgebungsturbulenzintensität σ_σ [4, 8] und I_{rep} durch Addition der 1.28fachen Standardabweichung der Umgebungsturbulenzintensität σ_σ [6, 7] zu I_{amb} ermittelt werden. Durch Ermittlung der Windscherung, kann die auf Messhöhe ermittelte charakteristische, bzw. repräsentative Turbulenzintensität auf Nabenhöhe extrapoliert werden. Liegt keine Messung vor, muss die Umgebungsturbulenzintensität rechnerisch ermittelt werden.

Zur Berechnung von I_{amb} werden an jedem zu untersuchenden WEA Standort die flächenmäßigen Informationen zur Bodenbedeckung aus dem CORINE Datensatz [13] mit 20 km Radius um den Standort zu Grunde gelegt. Die in [13] enthaltenen Flächen verschiedener Bodenbedeckung werden nach den Empfehlungen des Europäischen Wind Atlas [12] in Flächen mit einer Rauigkeitslänge z_0 konvertiert. Alle innerhalb eines Sektors liegenden Rauigkeitselemente werden abschließend nach Abstand und Größe gewichtet und in einen, für diesen Sektor, repräsentativen Rauigkeitswert umgerechnet. Aus den sektoriell vorliegenden Rauigkeitslängen wird mittels eines von der Rauigkeitslänge z_0 abhängigen Profils die Umgebungsturbulenzintensität auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA berechnet.

Da in der Richtlinie des Deutschen Instituts für Bautechnik DIBt 2012 [1.1] für die Ermittlung der Standorteignung bezüglich der effektiven Turbulenzintensitäten Turbulenzwerte für verschiedene Windgeschwindigkeiten gefordert sind, wird den ermittelten Werten für die Umgebungsturbulenzintensität das NTM nach [6, 7] zu Grunde gelegt. Der ermittelten Turbulenzkurve wird in Anlehnung an das vom Risø DTU National Laboratory entwickelte Verfahren im Windfarm Assessment Tool eine windgeschwindigkeitsabhängige Standardabweichung σ_σ unterstellt, die ebenfalls dem NTM Verlauf folgt [15]. Die Werte für die Standardabweichung der Umgebungsturbulenzintensität σ_σ sind so gewählt, dass die Summe aus der Referenzsturbulenzintensität nach NTM und dem 1fachen σ_σ die Referenzkurve nach [6, 7] ergibt.

Die repräsentative Turbulenzintensität I_{rep} wird nach dem beschriebenen Verfahren für jede zu betrachtende, nach DIBt 2012 [1.1] typen-/einzelgeprüfte, WEA auf Nabenhöhe ermittelt und den weiteren Berechnungen zu Grunde gelegt. Für Anlagen, deren Typen-/Einzelprüfung auf der Richtlinie DIBt 2004 [2] oder DIBt 1993 [3] basiert, findet die charakteristische Turbulenzintensität I_{char} Anwendung.

3.3.2.3 Untersuchung der topografischen Komplexität der Anlagenstandorte

Das verwendete Höhenmodell aus dem SRTM Datensatz [14] liegt in einer Auflösung von ca. 30 m vor und wird für die Ermittlung der topografischen Komplexität der Standorte herangezogen.

Die Standorte aller zu betrachtenden Anlagen werden basierend auf den Vorgaben der geltenden Norm DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] auf topografische Komplexität untersucht und bewertet, da die topografische Komplexität eine Verzerrung und damit eine Abweichung der Turbulenzstruktur von den Auslegungswindbedingungen verursachen kann.

Die Komplexität eines Standortes wird durch die Neigung des Geländes und die Abweichungen der Topografie des Geländes von einer angenäherten Ebene dargestellt. Dazu werden mindestens 37 Ausgleichsebenen entsprechend der Kriterien aus [6] mittels der Methode der kleinsten Fehlerquadrate gebildet. Die DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] lässt die Möglichkeit offen, die angenäherte Ebene für die Kreissektoren mit dem Radius $5 z_{hub}$ leewärts zur Position der zu untersuchenden WEA um $2 z_{hub}$ zu erweitern. Diese Erweiterung wird bei der Komplexitätsbewertung im vorliegenden Gutachten angewendet. In Abhängigkeit der Neigung der angenäherten Ebenen, der Abweichung des digitalen Geländemodells [14] von dieser und des Anteils der Windenergie aus dem betrachteten Sektor, lassen sich die Indizes TSI für die Geländeneigung und TVI für die Geländeabweichung berechnen. Überschreitet einer der berechneten Indizes die in Tabelle 3.5 aufgeführten Schwellenwerte, ist der untersuchte Standort als topografisch komplex zu bewerten, wobei der jeweils überschrittene Schwellenwert die Geländekomplexitätskategorie L, M oder H bestimmt.

Nach [6] hat an topografisch komplexen Standorten eine Erhöhung der longitudinalen Komponente der Umgebungsturbulenzintensität durch Multiplikation mit einem Turbulenzstrukturparameter C_{CT} gemäß Tabelle 3.5 zu erfolgen.

Tabelle 3.5: Komplexitätskriterien und C_{CT} nach DIN EN IEC 61400-1:2019 [6]

Radius der Kreisfläche um die WEA [m]	Sektoramplitude der angenäherten Ausgleichsebene [°]	Schwellenwerte (untere Grenze)					
		Index der Geländeneigung TSI [°]			Index der Geländeabweichung TVI [%]		
		L	M	H	L	M	H
$5 z_{hub}$	360	10	15	20	2	4	6
$5 z_{hub}$	30						
$10 z_{hub}$							
$20 z_{hub}$							
		Kategorie					
	L	M			H		
C_{CT}	1.05	1.10			1.15		

Die Ergebnisse der Bewertung der topografischen Komplexität der zu untersuchenden WEA können Tabelle 2.1 entnommen werden.

3.3.2.4 Repräsentative Turbulenzintensität

In Tabelle 3.6 werden die sektoriell nach dem in Abschnitt 3.3.2.2 beschriebenen Verfahren ermittelten, repräsentativen Turbulenzintensitäten, bezogen auf eine Windgeschwindigkeit von 15 m/s, für eine Anlagenposition aufgeführt.

Tabelle 3.6: Repräsentative Turbulenzintensität für einen Standort

Standort: W1	NH: 164.0 m	I_{rep} [-]
Sektor	Windrichtung [°]	
N	0	0.130
NNO	30	0.135
ONO	60	0.134
O	90	0.132
OSO	120	0.131
SSO	150	0.122
S	180	0.123
SSW	210	0.114
WSW	240	0.115
W	270	0.120
WNW	300	0.121
NNW	330	0.122

3.3.3 Ermittlung der effektiven Turbulenzintensität I_{eff}

3.3.3.1 Grundlagen

Die effektive Turbulenzintensität I_{eff} ist definiert als die mittlere Turbulenzintensität, die über die Lebensdauer einer WEA dieselbe Materialermüdung verursacht, wie die am Standort herrschenden, verschiedenen Turbulenzen. Die Materialkennzahl, die maßgeblich in die Berechnung der effektiven Turbulenzintensität einfließt, ist der Wöhlerlinienkoeffizient m . Im vorliegenden Gutachten liegt jeder zu betrachtenden WEA der anlagenspezifische Wöhlerlinienkoeffizient zu Grunde, der die strukturschwächste Komponente repräsentiert. Hierbei handelt es sich im Regelfall um die Rotorblätter einer WEA, welche durch Wöhlerlinienkoeffizienten zwischen $m = 10$ für glasfaserverstärkte Verbundwerkstoffe und $m = 15$ für kohlefaserverstärkte Verbundwerkstoffe abgedeckt werden. Dadurch werden alle Komponenten einer WEA in die Betrachtung mit einbezogen.

Grundsätzlich setzt sich die effektive Turbulenzintensität I_{eff} an einer WEA aus der Umgebungsturbulenzintensität und der durch den Nachlauf anderer WEA induzierten Turbulenzintensität, dem sogenannten „Wake-Effekt“, zusammen. Hierbei sind je nach zu Grunde gelegter Richtlinie unterschiedliche Berücksichtigungen der Standardabweichung der Umgebungsturbulenzintensität σ_σ zu berücksichtigen.

Die Berechnung der induzierten Turbulenzintensität erfolgt nach den Ausarbeitungen in [10], Kapitel 2.4.4, wenn alle hierfür erforderlichen Anlagenparameter vorliegen oder konservativ abdeckend ermittelt werden konnten. Andernfalls erfolgt die Berechnung der induzierten Turbulenzintensität nach den Ausarbeitungen in [16], sowie den informativen Anhängen in [6] und [7]. Die generelle Vorgehensweise zur Ermittlung der effektiven Turbulenzintensität I_{eff} erfolgt in beiden Fällen entsprechend den Anforderungen aus [6] und [7].

Die induzierte Turbulenzintensität wird in [10] als eine Funktion beschrieben, die von den Abständen der WEA untereinander, der Umgebungsturbulenzintensität und von anlagenspezifischen Kenngrößen abhängig ist. Diese Kenngrößen sind einerseits der windgeschwindigkeitsabhängige Schubbeiwert c_t , als auch die windgeschwindigkeitsabhängige Schnelllaufzahl λ der turbulenzinduzierenden WEA. Das Modell bildet sowohl den voll ausgebildeten Nachlauf als auch den nicht voll ausgebildeten Nachlauf

hinter einer WEA ab. Die anlagenspezifischen Werte c_t und λ sind vom Anlagenhersteller übermittelt. Wenn für eine zu betrachtende WEA diese Werte nicht vorliegen, werden Sie, wenn möglich, auf Basis der Anlagenparameter wie Drehzahl und Rotordurchmesser ermittelt, oder durch eine konservativ abdeckende Standardkurve ersetzt. Der Ermittlung von I_{eff} werden die am Standort herrschenden geometrischen Verhältnisse, sowie die am Standort herrschenden Windbedingungen zu Grunde gelegt. Da in [10] keine Aussage zum berücksichtigenden Einflussbereich der WEA untereinander getroffen wird, werden sowohl die Bereiche im Volleinfluss (Rotor der WEA steht voll im Nachlauf einer anderen WEA), als auch die Bereiche im Teileinfluss (Rotor der WEA steht nur teilweise im Nachlauf einer anderen WEA) bei der Berechnung von I_{eff} berücksichtigt, was somit den konservativsten Ansatz darstellt.

Die induzierte Turbulenzintensität wird in [16] als eine Funktion beschrieben, die von den Abständen s der WEA untereinander und vom windgeschwindigkeitsabhängigen Schubbeiwert c_t abhängig ist. Die anlagenspezifischen c_t Werte sind vom Anlagenhersteller übermittelt. Wenn für eine zu betrachtende WEA diese Werte nicht vorliegen, werden Sie durch eine konservativ abdeckende Standardkurve ersetzt. Der Ermittlung von I_{eff} werden die am Standort herrschenden geometrischen Verhältnisse, sowie die am Standort herrschenden Windbedingungen zu Grunde gelegt. Da in [16] eine eindeutige Aussage zum berücksichtigenden Einflussbereich der WEA untereinander getroffen wird, wird genau dieser Bereich bei der Berechnung von I_{eff} berücksichtigt.

Die Ermittlung der induzierten Turbulenzintensität muss durchgeführt werden, solange sich eine WEA in einem Abstand s kleiner $10 D$ von der zu betrachtenden Anlage befindet [6, 7, 8]. Ist der Abstand s aller WEA im Umfeld grösser $10 D$, bezogen auf die jeweils turbulenzinduzierende WEA, muss deren Einfluss nicht mehr berücksichtigt werden.

In keiner der zu Grunde gelegten Richtlinien und Normen [1.1 - 8] werden hinsichtlich des Abstandes s von WEA Grenzen definiert, bis zu welchen die Ergebnisse der effektiven Turbulenzintensitäten I_{eff} anwendbar oder belastbar sind. Dasselbe gilt für die in [10] und [16] beschriebenen Turbulenzmodelle. Verschiedene Untersuchungen und Ausarbeitungen haben gezeigt, dass die Turbulenzmodelle auch bei geringen relativen Abständen s im Bereich $3 D \geq s \geq 2 D$ konservative Ergebnisse liefern und belastbar sind. Diese Ergebnisse können sowohl für einen Vergleich der Windbedingungen entsprechend Abschnitt 1.2.1 als auch für einen Nachweis gemäß 1.2.3 herangezogen werden. Die Ergebnisse der ermittelten, effektiven Turbulenzintensitäten bei Anlagenabständen s von unter $2.0 D$ sollten nicht mehr für eine standortspezifische Lastrechnung (siehe Abschnitt 1.2.3) herangezogen werden. In diesen Nachlaufsituationen ist eine Abschaltung erforderlich. Eine Ausnahme bilden Abstände s von unter $2.0 D$ in Verbindung mit einem großen Nabhöhenunterschied der betrachteten WEA. In solch einer Situation kann es durch die geometrischen Verhältnisse dazu kommen, dass der Nachlauf der turbulenzinduzierenden WEA über bzw. unter der Rotorkreisfläche der beeinflussten WEA strömt. In diesem Fall sind keine Betriebsbeschränkungen bzw. Abschaltungen erforderlich.

Die ermittelten Werte für I_{eff} werden den Auslegungswerten, die der Typen-/Einzelprüfung der betrachteten Anlage zu Grunde liegen, gegenübergestellt. Liegen die ermittelten Werte nicht oberhalb der Auslegungswerte, gilt eine Standorteignung hinsichtlich der effektiven Turbulenzintensität als nachgewiesen. Liegen die Werte über den Auslegungswerten, kann eine Standorteignung hinsichtlich der effektiven Turbulenzintensität nicht durch den Vergleich mit den Auslegungswerten nachgewiesen werden. Der Nachweis der Standorteignung kann in diesem Fall jedoch durch eine standortspezifische Lastrechnung seitens des Anlagenherstellers oder eines unabhängigen Dritten erfolgen.

3.3.3.2 Berücksichtigte sektorische Betriebsbeschränkungen (WSM)

Bei der Berechnung der effektiven Turbulenzintensität I_{eff} können sektorische Betriebsbeschränkungen (WSM) an WEA berücksichtigt werden. Die Betriebsbeschränkungen können sich aus beispielsweise zu geringen Abständen s ergeben, oder Bestandteil der Genehmigung bereits bestehender WEA sein. Des Weiteren kann ein WSM dafür genutzt werden, den Einfluss einer neu geplanten WEA auf den zu berücksichtigenden Bestand derart zu reduzieren, dass die geplante WEA keinen signifikanten Einfluss mehr auf die effektive Turbulenzintensität I_{eff} einer Bestandsanlage hat oder um Überschreitungen der effektiven Turbulenzintensität I_{eff} an dieser zu verhindern. Die im Folgenden aufgeführten Betriebsbeschränkungen stellen immer eine Mindestanforderung dar, deren technische Umsetzbarkeit nicht geprüft wurde. Wenn möglich, wird für jedes WSM an einer beeinflussenden WEA ein alternatives WSM an der beeinflussten WEA ausgewiesen. Hierbei handelt es sich in der Regel um eine Abschaltung an der beeinflussten WEA, da die Lasten an einer abgeschalteten WEA geringer sind als die Lasten im frei angeströmten Betrieb. Die ausgewiesenen Alternativen stellen einen Vorschlag dar, werden aber nicht in der Berechnung der effektiven Turbulenzintensität I_{eff} berücksichtigt. Soll eine ausgewiesene Alternative berücksichtigt werden, erfordert dies eine neue Bewertung hinsichtlich der effektiven Turbulenzintensität I_{eff} .

Bei der Berechnung der effektiven Turbulenzintensität I_{eff} wurden keine sektorischen Betriebsbeschränkungen berücksichtigt.

3.3.3.3 Ergebnis

Die folgende Tabelle 3.7 stellt die ermittelten effektiven Turbulenzintensitäten nach Zubau der geplanten WEA in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit dar. Die nach der jeweils zu Grunde gelegten Richtlinie ermittelten effektiven Turbulenzintensitäten werden der Referenzkurve nach DIBt 2012 [1.1] oder der Referenzkurve der jeweiligen Typenprüfung gegenübergestellt. Überschreitungen sind **fett kursiv** dargestellt. Für WEA die nach der Richtlinie DIBt 1993 [3] typengeprüft sind, ist nur die mittlere konstante effektive Turbulenzintensität am unteren Ende der Tabelle relevant.

Tabelle 3.7: Ermittelte effektive Turbulenzintensitäten I_{eff} (nach Zubau)

v_{hub}	W1[S1]	W2[S1]	W5[S2]	W6[S2]	W7[S2]	W13[A]	W14[A]	Referenz Klasse S1	Referenz Klasse S2	Referenz Klasse A
3	0.309	0.325	0.296	0.303	0.300	0.337	0.349	0.332	0.370	0.419
4	0.281	0.297	0.245	0.255	0.252	0.277	0.287	0.282	0.340	0.344
5	0.277	0.293	0.217	0.228	0.228	0.242	0.250	0.253	0.306	0.299
6	0.266	0.280	0.196	0.205	0.209	0.217	0.224	0.233	0.281	0.269
7	0.249	0.260	0.181	0.187	0.195	0.198	0.206	0.219	0.260	0.248
8	0.231	0.240	0.169	0.173	0.184	0.182	0.192	0.208	0.243	0.232
9	0.208	0.213	0.161	0.162	0.177	0.170	0.182	0.200	0.230	0.220
10	0.197	0.198	0.151	0.149	0.161	0.160	0.170	0.193	0.216	0.210
11	0.183	0.181	0.141	0.139	0.147	0.152	0.160	0.188	0.192	0.201
12	0.171	0.164	0.134	0.132	0.138	0.146	0.153	0.183	0.168	0.195
13	0.158	0.148	0.129	0.128	0.132	0.142	0.148	0.179	0.158	0.189
14	0.147	0.136	0.125	0.124	0.127	0.138	0.144	0.176	0.147	0.184
15	0.138	0.128	0.122	0.121	0.123	0.135	0.141	0.173	0.142	0.180
16	0.131	0.123	0.119	0.119	0.120	0.133	0.138	0.171	0.136	0.176
17	0.125	0.121	0.117	0.117	0.118	0.131	0.136	0.169	0.133	0.173
18	0.120	0.118	0.115	0.115	0.116	0.129	0.133	0.167	0.129	0.170
19	0.116	0.117	0.113	0.113	0.114	0.127	0.131	0.165	0.127	0.167
20	0.113	0.115	0.112	0.112	0.112	0.125	0.129	0.163	0.124	0.165
21	0.110	0.113	0.110	0.110	0.111	0.123	0.128	0.162	0.123	0.163
22	0.108	0.112	0.109	0.109	0.109	0.122	0.126	0.161	0.122	0.161
23	0.106	0.111	0.107	0.108	0.108	0.120	0.125	0.159	0.120	0.159
24	0.105	0.110	0.106	0.107	0.107	0.119	0.123	0.158	0.118	0.157
25	0.104	0.108	-	-	-	0.118	0.122	0.157	-	0.156
DIBt 1993	-	-	-	-	-	0.168	0.172	-	-	0.200

3.3.3.4 Geforderte sektorielle Betriebsbeschränkungen (WSM)

Die folgenden sektoriellen Betriebsbeschränkungen sind durch die Nordex Energy SE & Co. KG vorgegeben, um die Standorteignung der geplanten WEA W2 nachweisen zu können [25].

Tabelle 3.8: Geforderte Betriebsweisen gemäß [25]

WEA	Start WSM [°]	Ende WSM [°]	Startwind- geschwindigkeit [m/s]	Endwind- geschwindigkeit [m/s]	Betriebsmodus
W2	293	331	v_{in}	7.5	Mode 11

3.4 Schräganströmung δ

Da es sich bei keinem Anlagenstandort einer nach DIBt 2012 typengeprüften neu geplanten Anlage um einen nach DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] topografisch komplexen Standort handelt, sind die Nachweise nach Abschnitt 1.2.2 nicht zu führen. Die Ausweisung der Werte erfolgt rein informativ und ein Vergleich mit den Auslegungswindbedingungen erfolgt im vorliegenden Gutachten nicht. Die Werte können jedoch einer eventuell erforderlichen Lastrechnung durch den Anlagenhersteller zu Grunde gelegt werden.

Die Ermittlung der Schräganströmung δ_{NH} erfolgt gemäß [6] und entspricht der Neigung der angenäherten Ebene mit einem Radius $5 z_{hub}$ vor der WEA und $2 z_{hub}$ hinter der WEA gegenüber der horizontalen Mittelgeraden des betrachteten Sektors.

Die folgende Tabelle 3.9 stellt die Ergebnisse der ermittelten Schräganströmung δ_{NH} dar.

Tabelle 3.9 Standortmittelwert der Schräganströmung δ_{NH} der neu geplanten WEA

Interne W-Nr.	δ_{NH} [°]
W1	0.5
W2	-0.1

3.5 Höhenexponent α

Da es sich bei keinem Anlagenstandort einer nach DIBt 2012 typengeprüften neu geplanten Anlage um einen nach DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] topografisch komplexen Standort handelt, sind die Nachweise nach Abschnitt 1.2.2 nicht zu führen. Die Ausweisung der Werte erfolgt rein informativ und ein Vergleich mit den Auslegungswindbedingungen erfolgt im vorliegenden Gutachten nicht. Die Werte können jedoch einer eventuell erforderlichen Lastrechnung durch den Anlagenhersteller zu Grunde gelegt werden.

Die Ermittlung des Höhenexponenten erfolgt entsprechend der DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] auf Basis der ermittelten Rauigkeiten am Standort. Einflüsse der Stabilität der Atmosphäre werden dabei nicht berücksichtigt. Die Ermittlung berücksichtigt keinen Einfluss der Topografie, der bei den hier untersuchten Nabenhöhen vernachlässigt werden kann, solange sich keine schroffen Geländekanten oder Steilhänge in unmittelbarer Umgebung der betrachteten WEA befinden. Der über alle Windrichtungen energiegewichtete Standortmittelwert des Höhenexponenten α_{NH} ist für alle zu betrachtenden Anlagen in einem Bereich von der unteren Blattspitze bis zur oberen Blattspitze zu ermitteln.

Die folgende Tabelle 3.10 stellt die Ergebnisse der Standortmittelwerte des Höhenexponenten α_{NH} dar.

Tabelle 3.10 Standortmittelwert des Höhenexponenten α_{NH} der neu geplanten WEA

Interne W-Nr.	α_{NH} [-]
W1	0.15
W2	0.16

3.6 Luftdichte ρ

Da es sich bei keinem Anlagenstandort einer nach DIBt 2012 typengeprüften neu geplanten Anlage um einen nach DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] topografisch komplexen Standort handelt, sind die Nachweise nach Abschnitt 1.2.2 nicht zu führen. Die Ausweisung der Werte erfolgt rein informativ und ein Vergleich mit den Auslegungswindbedingungen erfolgt im vorliegenden Gutachten nicht. Die Werte können jedoch einer eventuell erforderlichen Lastrechnung durch den Anlagenhersteller zu Grunde gelegt werden.

Die Berechnung der mittleren Luftdichte ρ_{NH} auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA erfolgt entsprechend der Norm DIN ISO 2553 [17]. Als Datengrundlage dient die mittlere Temperatur in 2 m über Grund, die in einem 1 km Raster über den Zeitraum von 1981 – 2010 vorliegt [18] und entsprechend [17] auf die zu untersuchende Nabenhöhe umgerechnet wird.

Die folgende Tabelle 3.11 stellt die Ergebnisse des Standortmittelwertes der Luftdichte ρ_{NH} für jede zu untersuchende WEA dar.

Tabelle 3.11: Standortmittelwert der Luftdichte ρ_{NH} der neu geplanten WEA

Interne W-Nr.	ρ_{NH} [kg/m ³]
W1	1.194
W2	1.201

3.7 Extreme Turbulenzintensität I_{ext}

Da es sich bei keinem Anlagenstandort einer nach DIBt 2012 typengeprüften neu geplanten Anlage um einen nach DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] topografisch komplexen Standort handelt, sind die Nachweise nach Abschnitt 1.2.2 nicht zu führen. Die Ausweisung der Werte erfolgt rein informativ und ein Vergleich mit den Auslegungswindbedingungen erfolgt im vorliegenden Gutachten nicht. Die Werte können jedoch einer eventuell erforderlichen Lastrechnung durch den Anlagenhersteller zu Grunde gelegt werden.

Die Ermittlung der Extremturbulenzintensität erfolgt durch die Betrachtung aller auftretenden Nachlaufsituationen und stellt das Ergebnis mit dem höchsten Wert, im Zentrum aller betrachteten Nachlaufsituationen dar. Wenn keine Nachlaufsituationen zu berücksichtigen sind, wird der Wert der höchsten repräsentativen Turbulenzintensität ausgewiesen. Entsprechend [6] berücksichtigen alle ausgewiesenen Werte den jeweiligen anzusetzenden Turbulenzstrukturparameter C_{CT} .

Die folgende Tabelle 3.12 stellt die ermittelten extremen Turbulenzintensitäten $I_{ext, NH}$ in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit dar.

Tabelle 3.12: Ermittelte extreme Turbulenzintensitäten $I_{ext, NH}$

v_{hub}	W1	W2
3	0.337	0.371
4	0.318	0.348
5	0.317	0.346
6	0.304	0.332
7	0.285	0.311
8	0.265	0.289
9	0.238	0.261
10	0.226	0.247
11	0.210	0.230
12	0.195	0.214
13	0.180	0.198
14	0.168	0.185
15	0.157	0.173
16	0.148	0.164
17	0.141	0.156
18	0.136	0.150
19	0.132	0.146
20	0.128	0.142
21	0.124	0.137
22	0.120	0.133
23	0.117	0.129
24	0.114	0.126
25	0.111	0.123

4 Zusammenfassung

4.1 Neu geplante WEA

Es wurden die Standortbedingungen nach Abschnitt 1.2.1 für die neu geplanten WEA ermittelt und mit den Auslegungswerten verglichen. Dieser Vergleich hat gezeigt, dass

- i. W1 und W2 eine Überschreitung der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der standortspezifischen Windgeschwindigkeiten pdf_{NH} im Vergleich zur Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der Typenprüfung pdf_{TP} aufweisen (siehe Abschnitt 3.2.1),
- ii. W1 und W2 an einem Standort errichtet werden sollen, der den Auslegungswert der 50-Jahreswindgeschwindigkeit $v_{m50, TP}$ nicht überschreitet (siehe Abschnitt 3.2.2) und
- iii. W1 und W2 Überschreitungen der effektiven Turbulenzintensität I_{eff} gegenüber den Auslegungswerten aufweisen (siehe Abschnitt 3.3.3.3).

Für die WEA W1 und W2 hat eine seitens des Herstellers Nordex durchgeführte Überprüfung der standortspezifischen Lasten der WEA, in der geplanten Konfiguration nach Tabelle 2.1, anhand der dem Hersteller zur Verfügung gestellten Ergebnisse aus Kapitel 3 ergeben, dass die Auslegungslasten der WEA **über eine Lebensdauer von 20 Jahren** unter Berücksichtigung der in Abschnitt 3.3.3.4 aufgeführten sektoriellen Betriebsbeschränkungen nicht überschritten werden [25]. Die Ergebnisse in [25] wurden von der I17-Wind GmbH & Co. KG hinsichtlich der berücksichtigten Eingangsdaten geprüft und werden als richtig vorausgesetzt.

Die Standorteignung gemäß DIBt 2012 [1.1] ist für die WEA W1 und W2 unter Berücksichtigung der standortspezifischen Lastrechnung [25] und der in Abschnitt 3.3.3.2 aufgeführten sektoriellen Betriebsbeschränkungen durch das vorliegende Gutachten nachgewiesen.

Die folgende Tabelle stellt die Ergebnisse zum Nachweis der Standorteignung der geplanten WEA zusammenfassend dar.

Tabelle 4.1: Zusammenfassung der Ergebnisse geplante WEA

Interne W-Nr.	Hersteller	Anlagentyp	NH [m]	FEH [m]	Standorteignung gemäß DIBt 2012 nachgewiesen	in [25] nachgewiesene Lebensdauer [a]
W1	Nordex	N163/6.X	164.0	0.0	Ja	20
W2	Nordex	N163/6.X	118.0	0.0	Ja, siehe Abschnitt 3.3.3.4	20

4.2 Bestehende WEA

4.2.1 Nachweis der Standorteignung durch den Vergleich mit den Auslegungswerten

Für die Bestands-WEA W5 – W7, W13 und W14 konnte die nach DIBt 2012 [1.1] nachzuweisende Standorteignung hinsichtlich der effektiven Turbulenzintensität durch den Vergleich mit den Auslegungswerten nachgewiesen werden.

4.2.2 Zusammenfassung

Die folgende Tabelle stellt die Ergebnisse zum Nachweis der Standorteignung der Bestands-WEA zusammenfassend dar.

Tabelle 4.2: Zusammenfassung der Ergebnisse Bestands-WEA

Interne W-Nr.	Hersteller	Anlagentyp	NH [m]	FEH [m]	Standorteignung gemäß DIBt 2012 nachgewiesen
W5	Vestas	V162-5.6 MW	169.0	0.0	Ja
W6	Vestas	V162-5.6 MW	169.0	0.0	Ja
W7	Vestas	V162-5.6 MW	169.0	0.0	Ja
W13	Tacke	TW 600	50.0	0.0	Ja
W14	Micon	M700	40.0	0.0	Ja

5 Standortbesichtigung

Entsprechend der Forderung in der Richtlinie DIBt Fassung Oktober 2012 [1.1] nach einer Standortbesichtigung wurde diese am 15.02.2023 durch einen Mitarbeiter der I17-Wind GmbH & Co. KG durchgeführt [23].

Die Standortbesichtigung dient zur Ermittlung, bzw. zum Abgleich von Geländebeschaffenheit mit vorhandenen Satellitendaten zur Rauigkeit [13] und ggf. zu den Höhenlinien [14]. Mögliche turbulenzrelevante Einzelstrukturen wurden untersucht und dokumentiert. Die Standortdokumentation bestätigt die zu Grunde gelegten Rauigkeiten und die Ergebnisse zur Komplexität.

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
DIBt	Deutsches Institut für Bautechnik
DIN	Deutsches Institut für Normung
EN	Europäische Norm
ETM	Extremes Turbulenzmodell
ETRS89	Europäisches Terrestrisches Referenzsystem von 1989
GK	Gauß-Krüger, Geländekategorie
H	Komplexitätskategorie Stark
IEC	International Electrotechnical Commission
L	Komplexitätskategorie Gering
M	Komplexitätskategorie Mittel
NA	Nationaler Anhang
NTM	Normales Turbulenzmodell
PEL	Pseudo-Äquivalente-Last
pdf	Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion
TK	Turbulenzkategorie, Auslegungsturbulenz
TP	Typenprüfung
UTM	Universal Transverse Mercator Projection
WEA	Windenergieanlage(n)
WGS84	World Geodetic System (letzte Revision in 2004)
WSM	Wind Sector Management, Sektorielle Betriebsbeschränkung
WV	Windverteilung
WZ	Windzone

Symbol	Bedeutung	Einheit
A	Skalenparameter der Weibullverteilung	[m/s]
C_{CT}	Turbulenzstrukturparameter	[-]
c_t	Schubbeiwert	[-]
D	Rotordurchmesser	[m]
FEH	Fundamenterhöhung	[m]
h_{WV}	Höhe der Windbedingungen / Windverteilung über Grund	[m]
I_{amb}	Umgebungsturbulenzintensität	[-]
i_c	Komplexitätsindex	[-]
I_{char}	Charakteristische Turbulenzintensität	[-]
I_{ext}	Extreme Turbulenzintensität	[-]
I_{eff}	Effektive Turbulenzintensität auf Nabenhöhe	[-]
I_{rep}	Repräsentative Turbulenzintensität	[-]
k	Formparameter der Weibullverteilung	[-]
λ	Schnelllaufzahl	[-]
m	Wöhlerlinienkoeffizient	[-]
NH	Nabenhöhe	[m]
p	Sektorielle Häufigkeit	[%]
P_N	Nennleistung	[kW]
s	Dimensionsloser Abstand zwischen WEA, bezogen auf den jeweils größeren Rotordurchmesser	[-]

Symbol	Bedeutung	Einheit
τ	Lebensdauer	[a]
TSI	Index der Geländeneigung	[°]
TVI	Index der Geländeabweichung	[%]
v_{ave}	Jahresmittel der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe	[m/s]
v_{hub}	Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe	[m/s]
v_{in}	Einschaltwindgeschwindigkeit der WEA	[m/s]
v_{m50}	10-Minuten Mittelwert der 50-Jahres-Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe	[m/s]
v_{out}	Abschaltwindgeschwindigkeit der WEA	[m/s]
v_r	Nennwindgeschwindigkeit der WEA	[m/s]
v_{ref}	Auslegungswert des 10-Minuten Mittelwerts der 50-Jahres-Windgeschwindigkeit	[m/s]
X	Rechtswert	[m]
Y	Hochwert	[m]
z_0	Rauigkeitslänge	[m]
z_{hub}	Nabenhöhe der betrachteten WEA	[m]
α	Höhenexponent	[-]
δ	Schräganströmung	[°]
ρ	Luftdichte	[kg/m ³]
σ	Standardabweichung der Windgeschwindigkeit	[m/s]
σ_σ	Standardabweichung der Turbulenzintensität	[-]

Literaturverzeichnis

- [1.1] *Deutsches Institut für Bautechnik – DIBt -, Berlin; Referat I 8 Bautechnisches Prüfamt Grundlagen der Standsicherheit; Richtlinie für Windenergieanlagen – Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung; Fassung Oktober 2012 und korrigierte Fassung März 2015;*
- [1.2] *DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik; DKE/AK 383.0.01/Untergruppe DIBt2012 an die PG „Windenergieanlagen“ des DIBt; Anwendung der DIBt 2012 zur Prüfung der Standorteignung, 30.01.2015;*
- [2] *Deutsches Institut für Bautechnik – DIBt -, Berlin; Richtlinie für Windenergieanlagen – Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung; Fassung März 2004; Schriften des Deutschen Instituts für Bautechnik Reihe B, Heft 8;*
- [3] *Deutsches Institut für Bautechnik – DIBt -, Berlin; Richtlinie für Windkraftanlagen – Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung; Fassung Juni 1993; 2. Überarbeitete Auflage 1995; Schriften des Deutschen Instituts für Bautechnik Reihe B, Heft 8;*
- [4] *International Electrotechnical Commission (IEC); IEC 61400-1 Edition 2.0 International Standard Wind turbine generator systems – Part 1: Safety requirements;*
- [5] *International Electrotechnical Commission (IEC); IEC 61400-1 Edition 3.0 International Standard Wind turbines – Part 1: Design requirement; Mit Implementierung von 61400-1/A1, Amendment 1, 2009;*
- [6] *Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN EN IEC 61400-1:2019; Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC61400-1:2019; Deutsche Fassung EN IEC 61400-1:2019; Dezember 2019;*
- [7] *Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN EN 61400-1:2011-08 Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005 + A1:2012); Deutsche Fassung EN 61400-1:2005 + A1:2010;*
- [8] *Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN EN 61400-1:2004 Windenergieanlagen – Teil 1: Sicherheitsanforderungen (IEC 61400-1:1999); Deutsche Fassung EN 61400-1:2004;*
- [9] *Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12 mit DIN EN 1991-1-4:2010-12; Nationaler Anhang – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen: Windlasten;*
- [10] *ECN Solar & Wind Energy, J.W.M. Dekker und J.T.G. Pierik [Hrsg.]: European Wind Turbine Standards II, Petten, (NLD), 1998;*
- [11] *Deutsches Institut für Bautechnik; Windzonen nach Verwaltungsgrenzen; Windzonen_nach_Verwaltungsgrenzen.xlsx; Stand 02.06.2022;*
- [12] *European Wind Atlas, Risø National Laboratory, Roskilde (DK), 1989 Troen, Ib; Petersen, Erik L.;*
- [13] *European Environment Agency; Corine Land Cover (CLC) 2018, Version 20 (final version); Veröffentlicht im Juni 2019;*
- [14] *U.S. Geological Survey Earth Resources Observation & Science Center (EROS); SRTM 1 Arc-Sec Global; Download am 02.12.2016;*
- [15] *Risø DTU National Laboratory for Sustainable Energy, Windfarm Assessment Tool Version 3.3.0.128;*

- [16] *Frandsen, Sten T. (2007): Turbulence and turbulence-generated structural loading in wind turbine clusters. Roskilde (DK);*
- [17] *Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN ISO 2533; Normatmosphäre; Dezember 1979;*
- [18] *Deutscher Wetterdienst; DWD Climate Data Center (CDC), Vieljährige mittlere Raster der Lufttemperatur (2m) für Deutschland 1981-2010, Version v1.0.;*
- [19.1] *OpenStreetMap und Mitwirkende; SRTM | Kartendarstellung: OpenTopoMap (CC-BY-SA); Siehe auch: <https://creativecommons.org>;*
- [19.2] *Microsoft Corporation; © 2019 Digital Globe © CNES (2019) Distribution Airbus DS; Siehe auch: <https://www.microsoft.com/en-us/maps/product>;*
- [20] *Rodenhausen M., Moser W., Hülsmann C., Bergemann C., Könker M., McKenna R.; Prüfung der Standorteignung für Windenergieanlagen: Ein pragmatischer Ansatz; Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin. Bautechnik 93 (2016) Heft 10;*
- [21] *UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG; E-Mail mit dem Betreff: „RE: WP Borgentreich-Ost III: Eingangsdatenkatalog“ vom 02.02.2023; E-Mail samt Anhang mit dem Betreff: „RE: WP Borgentreich-Ost III: Eingangsdatenkatalog“ vom 27.01.2023;*
- [22.1] *anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH; Abschätzung des langjährigen mittleren Windpotentials auf Basis des anemos Windatlas für Deutschland am Standort Borgentreich-Ost; 19-200-7019542-Rev.00-WV-MS; 23.10.2019;*
- [22.2] *entfällt;*
- [23] *I17-Wind GmbH & Co. KG; Standortdokumentation für ein Gutachten zur Standorteignung nach DIBt 2012 für den Windpark Borgentreich Deutschland; I17-SV-2023-029; 16.02.2023;*
- [24.1] *Nordex Energy SE & Co. KG; Design Information for Wind & Site Assessment N163/6.X (6.8 MW) Delta 50Hz NCV TCS164B-03 DIBt / IEC S; 14.02.2023;*
- [24.2] *Nordex Energy SE & Co. KG; Design Information for Wind & Site Assessment N163/6.X Delta 50Hz NCV TS118-03 DIBt / IEC S (NX S2); 28.07.2023;*
- [25] *Nordex Energy SE & Co. KG; DD03 – Load Assessment Report Turbine Loads - Borgentreich Ost III (DE) 1 x Nordex N163/6.X (Mode 1) TCS164B-03 DIBt WZ S, GK S + 1 x N163/6.X (Mode 1) TS118-03 DIBt WZ S, GK S; Document no.: 2035694EN; 19.07.2023;*

Allgemeine Dokumentation

Grundlagen zum Brandschutz

Rev. 09/25.11.2021

Dokumentennr.:	E0003944543
Status:	Released
Sprache:	DE-Deutsch
Vertraulichkeit:	Nordex Internal Purpose

- Originaldokument -

Dokument wird elektronisch verteilt.

Original mit Unterschriften bei Nordex Energy SE & Co. KG, Department Engineering.

Dieses Dokument, einschließlich jeglicher Darstellung des Dokuments im Ganzen oder in Teilen, ist geistiges Eigentum der Nordex Energy SE & Co. KG. Sämtliche in diesem Dokument enthaltenen Informationen sind ausschließlich für Mitarbeiter und Mitarbeiter von Partner- und Subunternehmen der Nordex Energy SE & Co. KG, der Nordex SE und ihrer im Sinne der §§15ff AktG verbundenen Unternehmen bestimmt und dürfen nicht (auch nicht in Auszügen) an Dritte weitergegeben werden.

Alle Rechte vorbehalten.

Jegliche Weitergabe, Vervielfältigung, Übersetzung oder sonstige Verwendung dieses Dokuments oder von Teilen desselben, gleich ob in gedruckter, handschriftlicher, elektronischer oder sonstiger Form, ohne ausdrückliche Zustimmung durch die Nordex Energy SE & Co. KG ist untersagt.

© 2021 Nordex Energy SE & Co. KG, Hamburg

Anschrift des Herstellers im Sinne der Maschinenrichtlinie:

Nordex Energy SE & Co. KG

Langenhorner Chaussee 600

22419 Hamburg

Deutschland

Tel: +49 (0)40 300 30 - 1000

Fax: +49 (0)40 300 30 - 1101

info@nordex-online.com

<http://www.nordex-online.com>

Gültigkeit

Anlagengeneration	Produktreihe	Produkt
Delta	Delta4000	N133/4.X N149/4.X N149/5.X N163/5.X N163/6.X

Inhalt

1.	Vorbemerkung	5
2.	Baulicher Brandschutz und Brandvorbeugung	5
3.	Branderkennung, Brandmeldung	6
4.	Fluchtwege.....	6
5.	Brandbekämpfung und Löscheinrichtungen	7
5.1	Sicherheitsbereich	7
5.2	Löscheinrichtungen	7
5.3	Anordnung der Feuerlöscher.....	8
6.	Mitgeltende Dokumente	9

1. Vorbemerkung

Die Windenergieanlage (WEA) wird automatisch betrieben. Es ist kein Bedienpersonal für den Betrieb erforderlich. Zu Wartungs- und Kontrollarbeiten befinden sich regelmäßig, mindestens einmal pro Jahr, Mitarbeiter eines Serviceteams in der WEA. Bei Bedarf werden zusätzlich Reparaturarbeiten durchgeführt.

Alle Arbeiten werden ausschließlich von qualifiziertem Personal durchgeführt, die sowohl die Sicherheitshinweise der Handbücher kennen, als auch mit der entsprechenden Ausrüstung vertraut sind.

Die WEA besteht weitestgehend aus nicht brennbaren Materialien. Mögliche Zündquellen und Brandlasten wurden konstruktiv minimiert.

Die WEA ist baulich und von ihrem Zweck her nicht für einen dauernden bzw. längerfristigen Aufenthalt von Personen vorgesehen. Unbefugte Personen haben keinen Zutritt.

2. Baulicher Brandschutz und Brandvorbeugung

Baulicher Brandschutz

Die meisten Komponenten der WEA bestehen hauptsächlich aus metallischen Werkstoffen. Dazu gehören der Stahlrohrturm bzw. Elemente des Hybrid- oder Betonturms, der Maschinenträger, Welle, Getriebe, Hydraulikaggregat, Bremse, Generator, Kupplung, Antriebe, etc. Das Fundament der WEA besteht aus Stahlbeton.

Der Mittelspannungstransformator ist im Maschinenhaus positioniert. Er ist hermetisch geschlossen und brandgeschützt ausgelegt. Der Transformator ist entweder ein Trockentransformator entsprechend der Brandschutzklasse F1 oder als Estertransformator mit schwer entflammbarer Isolierflüssigkeit ausgeführt.

Der Eigenversorgungstransformator ist ein Trockentransformator mit der Brandklasse F1 und vergossenen Anschlüssen.

Brennbare Komponenten sind hauptsächlich:

- Die Rotorblätter und die Verkleidung des Maschinenhauses und der Nabe, die aus glasfaserverstärktem Kunststoff hergestellt werden
- Elektrokabel und -kleinteile
- Getriebe-, Transformator- und Hydrauliköl
- Korrosionsschutzummantelung der Spannseile im Hybridturm
- Schläuche und sonstige Kunststoffkleinteile
- Akkumulatoren

Die möglichen Brandorte ergeben sich aus den Orten, wo sich die oben genannten Komponenten befinden. Die WEA und ihre Komponenten wurden unter Berücksichtigung der bestimmungsgemäßen Verwendung und ihrer Umgebungsbedingungen ausgelegt, konstruiert und integriert. Sie entsprechen dem Stand der Technik. In einer Risikobeurteilung wurden potentielle Gefährdungen identifiziert und Gegenmaßnahmen festgelegt. Diese Maßnahmen sind auch Bestandteil dieses Dokuments.

Brandvorbeugung

Die Service-Techniker sind angehalten, jegliche vorbeugenden Maßnahmen durchzuführen, die Brände verhindern. Dazu gibt es ausführliche Anweisungen in den entsprechenden Handbüchern.

Der Blitz- und Überspannungsschutz der Gesamtanlage entspricht dem Blitz-Schutzzonen-Konzept und richtet sich nach der Norm IEC 61400-24. Blitze werden somit sicher in das Erdreich abgeleitet. Ein Blitzschlag als Brandursache kann weitestgehend ausgeschlossen werden.

3. Branderkennung, Brandmeldung

Im Maschinenhaus ist ein Temperatursensor installiert, der die Innentemperatur des Maschinenhauses misst. Bei Überschreitung bestimmter Grenzwerte wird automatisch eine Meldung an die Fernüberwachung gesendet und die WEA wird automatisch angehalten.

Die Betriebstemperatur einzelner Systeme und Komponenten wird überwacht.

Bei Überschreiten von Grenzwerten folgt eine Abschaltung mindestens der betroffenen Systeme. Schutzeinrichtungen gegen die Folgen von Kurzschlüssen und Überstrom sowie Motorschutzschalter mindern die Gefahr von Entstehungsbränden weiter. Die Fernüberwachung wird automatisch über den Ausfall einzelner Komponenten oder das Abschalten der WEA informiert.

Bei erweiterten Anforderungen an den Brandschutz kann zum erhöhten Sachwertschutz optional ein Brandmeldesystem verbaut werden. Es enthält die folgenden Funktionen:

- Einrichtungsüberwachung im Maschinenhaus
- Raumüberwachung im Maschinenhaus und im Turmfuß
- Stoppen der WEA
- Freischaltung des Eigenbedarfs und der Mittelspannung
- Optische und akustische Alarmierung im Turm und im Maschinenhaus, sofern der Wartungsmodus aktiviert ist
- Übermitteln einer Alarmmeldung an die Fernüberwachung.

4. Fluchtwege

Der Fluchtweg aus dem Maschinenhaus erfolgt über die Steigleiter in den Turm, vom Maschinenhausdach und aus der Nabenluke. Die Befahranlage darf im Brandfall nicht benutzt werden.

Die Kranluke wird als Rettungsweg für verletzte Personen benutzt. Die gesamte WEA ist mit einer Fluchtwegskennzeichnung versehen. Im Turmfußbereich und im Maschinenhaus befindet sich ein Flucht- und Rettungsplan, auf dem die Fluchtrouten dargestellt sind, siehe Kapitel 6 „Mitgeltende Dokumente“.

Bei geschlossenem Dach lassen sich die Dachluken manuell öffnen und können auch als Ausstiegsluke dienen. Vom Maschinenhausdach kann man sich mit einem Abseil- und Rettungsgerät zum Boden abseilen.

Die Beleuchtung ist auch im Brandfall gesichert. Bei Stromausfall schaltet sich die Notbeleuchtung automatisch ein.

Beim Betreten der Anlage sind Abseil- und Rettungsgeräte in ausreichender Anzahl mitzuführen. Die von Nordex verwendeten Rettungsgeräte sind für zwei Personen ausgelegt.

5. Brandbekämpfung und Löscheinrichtungen

Eine Brandbekämpfung geschieht vor allem durch den sofortigen Einsatz der Handfeuerlöscher bei Entstehungsbränden. Eine Zufahrt für Löschfahrzeuge zur WEA ist vorhanden.

Aufgrund der Leiterhöhe der Feuerwehrlleiter lassen sich nur bedingt Löscharbeiten durchführen. Die Feuerwehr muss im Brandfall Sicherungsarbeiten im Umkreis der WEA durchführen.

5.1 Sicherheitsbereich

Bei fortgeschrittenen Bränden konzentriert sich die Feuerwehr auf die Absperrung der Brandstelle. Die Feuerwehr legt nach Bedarf und Windrichtung den Bereich um die WEA fest, der nicht betreten werden darf.

5.2 Löscheinrichtungen

Das Vorhalten von Handfeuerlöschern zählt zu den Betreiberpflichten. Mindestens je ein Feuerlöscher muss sich im Maschinenhaus und im Turmfußbereich befinden. Die Feuerlöscher müssen nach den gültigen Vorschriften des jeweiligen Landes installiert werden und dienen der Bekämpfung von Entstehungsbränden.

Nordex empfiehlt Handfeuerlöscher an den in Abb. 1 und Abb. 2 aufgeführten Positionen vorzuhalten. Gemäß DIN VDE 0132:2015 sind im Bereich von Nieder- und Mittelspannung CO₂-Feuerlöscher und Feuerlöscher mit Löschpulver für die Brandklassen B, C zulässig. Da Kohlendioxid elektrisch nichtleitend ist und die Anwendung bei unter Spannung stehenden Anlagen unbedenklich ist wird die Verwendung von CO₂-Feuerlöschern empfohlen. Bei Einsatz von 5-6 kg CO₂-Feuerlöschern werden die Grenzwerte von CO₂ und O₂ gemäß DGUV-Regel eingehalten, siehe Kapitel 6 „Mitgeltende Dokumente“.

Bei erweiterten Anforderungen an den Brandschutz kann zum erhöhten Sachwertschutz ein optionales Feuerlöschsystem verbaut werden. Das Feuerlöschsystem wird im Maschinenhaus im Hauptumrichter und in der Topbox vorgesehen.

5.3 Anordnung der Feuerlöscher

Ein Feuerlöscher befindet sich im Turmfuß in der Nähe des Turmzugangs (1).

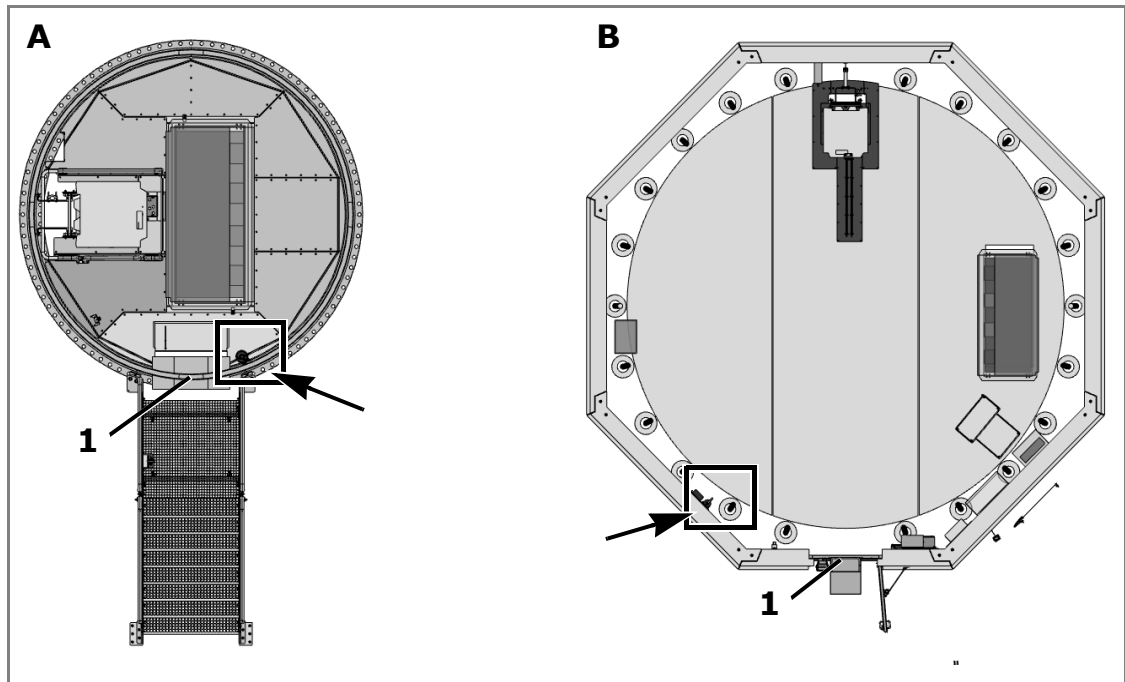


Abb. 1: Position Feuerlöscher im Turmfuß in der Nähe des Eingangs (1)

A Stahlrohrturm

B Hybrid- oder Betonturm

Im Maschinenhaus ist ein Feuerlöscher in der Nähe des Zuganges zum Maschinenhaus platziert.

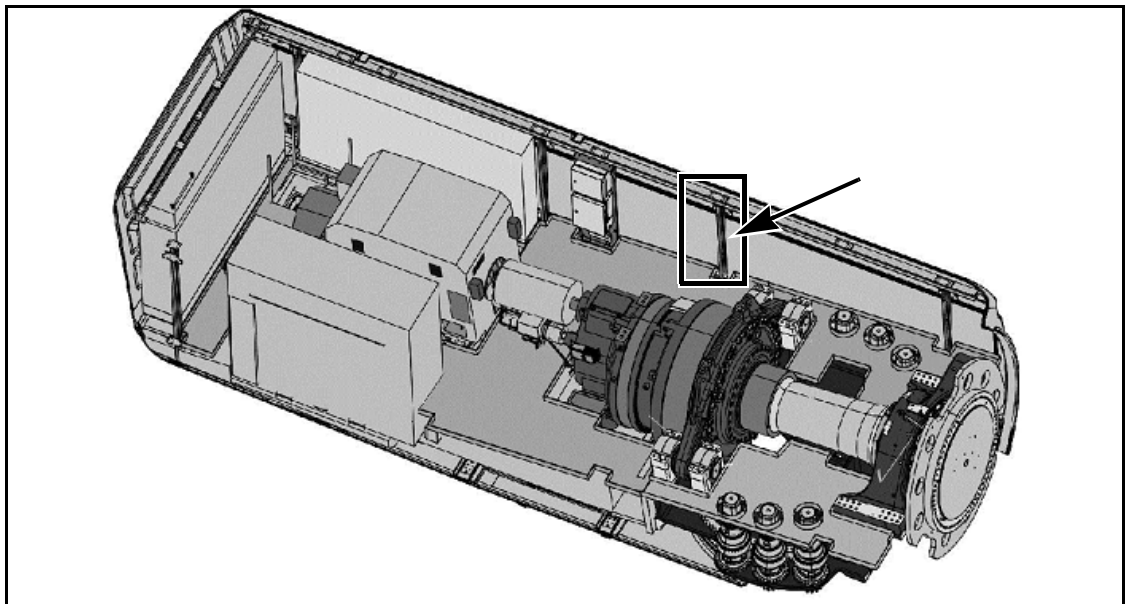


Abb. 2: Position Feuerlöscher im Maschinenhaus

6. Mitgeltende Dokumente

- DGUV_Regel 205-026 „Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Einsatz von Feuerlöschanlagen mit Löschgasen“
- Sicherheitsanweisung E0004282961 „Flucht- und Rettungsplan Delta4000 Stahlrohrturm“
- Sicherheitsanweisung E0004283818 „Flucht- und Rettungsplan Delta4000 Hybrid- und Betonturm“

Allgemeine Dokumentation

Brandmeldesystem

Rev. 05/01.04.2021

Dokumentennr.:	E0004494891
Status:	Released
Sprache:	DE-Deutsch
Vertraulichkeit:	Nordex Internal Purpose

- Originaldokument -

Dokument wird elektronisch verteilt.

Original mit Unterschriften bei Nordex Energy SE & Co. KG, Department Engineering.

Dieses Dokument, einschließlich jeglicher Darstellung des Dokuments im Ganzen oder in Teilen, ist geistiges Eigentum der Nordex Energy SE & Co. KG. Sämtliche in diesem Dokument enthaltenen Informationen sind ausschließlich für Mitarbeiter und Mitarbeiter von Partner- und Subunternehmen der Nordex Energy SE & Co. KG, der Nordex SE und ihrer im Sinne der §§15ff AktG verbundenen Unternehmen bestimmt und dürfen nicht (auch nicht in Auszügen) an Dritte weitergegeben werden.

Alle Rechte vorbehalten.

Jegliche Weitergabe, Vervielfältigung, Übersetzung oder sonstige Verwendung dieses Dokuments oder von Teilen desselben, gleich ob in gedruckter, handschriftlicher, elektronischer oder sonstiger Form, ohne ausdrückliche Zustimmung durch die Nordex Energy SE & Co. KG ist untersagt.

© 2021 Nordex Energy SE & Co. KG, Hamburg

Anschrift des Herstellers im Sinne der Maschinenrichtlinie:

Nordex Energy SE & Co. KG
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg
Deutschland

Tel: +49 (0)40 300 30 - 1000

Fax: +49 (0)40 300 30 - 1101

info@nordex-online.com

<http://www.nordex-online.com>

Gültigkeit

Anlagengeneration	Produktreihe	Produkt
Delta	Delta4000	N133/4.X, N149/4.X, N149/5.X, N163/5.X N163/6.X

Inhalt

1.	Allgemeines	5
2.	Technische Beschreibung	5
2.1	Funktionsweise.....	6
2.1.1	Branderkennung	6
2.1.2	Reaktion	7
2.1.3	Alarmierung und Alarmweiterleitung	7
2.1.4	Anzeigen.....	7
2.2	Komponenten	7
2.3	Weitere Merkmale.....	8
3.	Liefer- und Leistungsumfang.....	8

1. Allgemeines

Dieses Dokument beschreibt das von Nordex angebotene optionale Brandmeldesystem. Es besteht aus einer Objekt- und Raumüberwachung mit dem Ziel, ein Brandereignis frühzeitig zu erkennen, die Ursachen zu bekämpfen und Personen zu alarmieren. Die Raumüberwachung erfolgt für das Maschinenhaus und den Turmfußbereich. Darüber hinaus werden Topbox und der Hauptumrichter überwacht, d.h. die Schalt- und Steuerschränke, die eine hohe Dichte an elektrischen Verbrauchern und Schaltgeräten ausweisen.

Bewährte Sensoren zur Branderkennung sind in das Sicherheitssystem der Windenergieanlage (WEA) integriert. Die Auslegung der Funktion beruht auf den Gestaltungsprinzipien für Maschinensicherheit entsprechend DIN EN ISO 13849-1.

Das Brandmeldesystem kann in alle Nordex-Windenergieanlagen der Produktreihe Delta4000 eingebaut werden.

2. Technische Beschreibung

Das Brandmeldesystem überwacht folgende Bereiche:

- Topbox (Schaltschrank zur Spannungsversorgung und Steuerung aller Systeme, Baugruppen und Sensoren in der Gondel). Hier erfolgt die Branderkennung über optische Rauchmelder im Schaltschrank.
- Hauptumrichter (Schnittstelle für die Anbindung und Steuerung des Generators an das Netz). Hier kommt ein Ansaugrauchmelder zum Einsatz. Die Sensorik zur Branderkennung ist außerhalb des Hauptumrichters installiert und somit vor elektromagnetischen Einflüssen geschützt.

Das Maschinenhaus wird durch optische Rauchmelder überwacht.

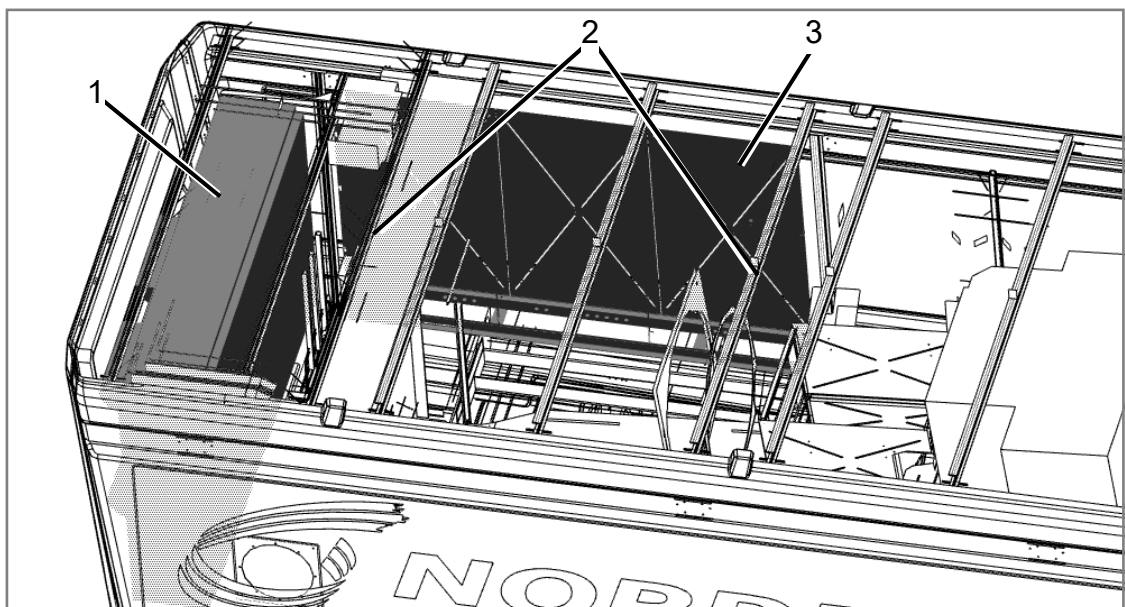


Abb. 1: Position der Rauchmelder im Maschinenhaus

1 Hauptumrichter
2 Dachträger

3 Topbox

Im Turmfußbereich sind optische Rauchmelder installiert, die eine Raumüberwachung ermöglichen.

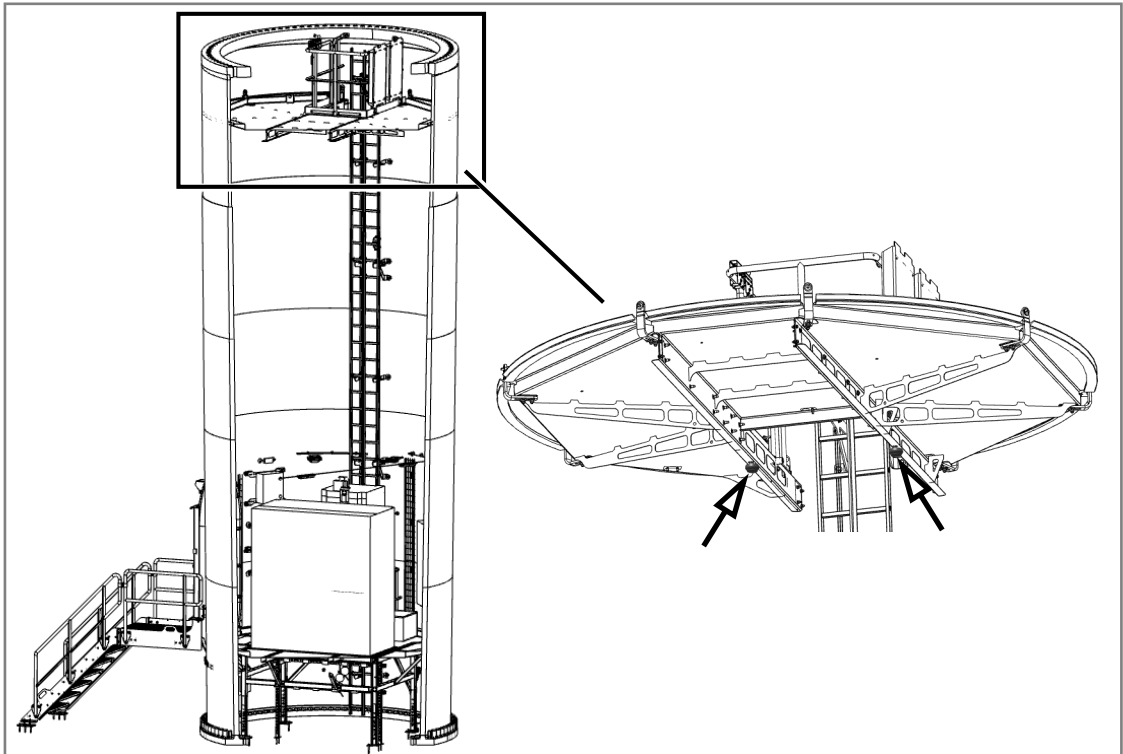


Abb. 2: Position der Rauchmelder im Turm

Die Sensoren zur Branderkennung sind an das Kommunikationsnetzwerk der Anlagensteuerung angebunden. Über ein sicheres Busprotokoll erfolgt die Kommunikation mit einer Sicherheitssteuerung.

2.1 Funktionsweise

Das Brandmeldesystem erkennt eine Rauch- und Brandentstehung in den überwachten Bereichen frühzeitig und löst mehrere Reaktionen aus, die im Folgenden beschrieben sind. Darüber hinaus werden interne Fehler erkannt und gemeldet.

Während Wartungstätigkeiten in der Windenergieanlage kann das Brandmeldesystem deaktiviert werden, um Fehlalarme zu vermeiden. Die Bedienung und das Monitoring des Brandmeldesystems erfolgt aus dem Turmfuß.

2.1.1 Branderkennung

In jedem Überwachungsbereich befinden sich redundante Sensoren zur Branderkennung. Die Alarmierung erfolgt in 2 Stufen. Das Auslösen eines Melders führt zu einem Voralarm. Lösen 2 Melder in einem Überwachungsbereich aus, gibt es einen Hauptalarm.

2.1.2 Reaktion

Auf einen Voralarm reagiert die WEA mit folgenden Reaktionen:

- Stopp der Windenergieanlage mit Bremsprogramm „Sanftbremsung“
- Akustische und optische Warnung von Personen im Maschinenhaus

Auf einen Hauptalarm reagiert die WEA zusätzlich mit folgenden Reaktionen:

- Stopp der Windenergieanlage mit Bremsprogramm Schnellbremsung
- Trennung der elektrischen Energie für die Überwachungsbereiche und Netztrennung der WEA

2.1.3 Alarmierung und Alarmweiterleitung

Sowohl Vor- als auch Hauptalarm werden von der Steuerung gemeldet und sind für die Windparksteuerung und ggf. für eine Leitwarte des Betreibers sichtbar. Die Meldungen werden abgesetzt, bevor eine vollständige Netztrennung erfolgt.

Zum Anschluss von Übertragungseinrichtungen zur Alarmierung von Dritten stellt Nordex im Turmfuß potentialfreie Kontakte für die Ausgänge Voralarm, Hauptalarm und Störung zur Verfügung.

Standardmäßig erfolgt keine Weiterleitung der Signale des Brandmeldesystems an Dritte.

Die Weiterleitung von Brandalarmen an eine zentrale Leitstelle unterliegt den jeweiligen regionalen technischen Anschlussbedingungen. Die entsprechende Übertragungseinrichtung liegt im Verantwortungsbereich des Kunden.

2.1.4 Anzeigen

Personen in der WEA werden bei einem Brandalarm über eine spezifische optische und akustische Warnsequenz alarmiert. Optische Signalgeber befinden sich in der Nabe, im Maschinenhaus und im Zugangsbereich zum Maschinenhaus. Jeweils ein akustischer Signalgeber im Maschinenhaus und im Turm gibt zusätzlich eine Alarmsequenz aus, die innerhalb der WEA an allen Stellen wahrnehmbar ist.

Bedienelemente und Anzeigen im Turmeingangsbereich geben Aufschluss, ob ein Alarm ausgelöst wurde und ob eine Störung anliegt. Neben den Anzeigen befinden sich im Turmeingangsbereich auch Bedienelemente zum Rücksetzen und temporären Deaktivieren des Brandmeldesystems.

2.2 Komponenten

Das Brandmeldesystem besteht aus den folgenden bewährten Komponenten der Brandmeldetechnik:

- Rauchmelder und Rauchansaugmelder entsprechend EN54 und mit VdS-Zulassung
- Rauchansaug- und Rückführleitungssystem
- Signalleitungen für die Anbindung der Komponenten an Sicherheitssteuerung über ein sicheres Busprotokoll

2.3 Weitere Merkmale

Das Brandmeldesystem funktioniert auch bei Staub und korrosiver Luftfeuchtigkeit und ist unempfindlich gegen Stöße und Vibrationen. Die Versorgung der Sensoren und der Steuerung erfolgt aus dem elektrischen Bordnetz der WEA. Bei einem Netzausfall wird das System über die Notstromversorgung kontrolliert und sicher abgeschaltet. Anschließend ist die Funktionalität des Brandmeldesystems nicht mehr erforderlich, da elektrische Verbraucher, Leitungen und Schaltelemente nicht mehr mit Energie versorgt sind und die potenzielle Brandgefahr somit nicht mehr gegeben ist.

3. Liefer- und Leistungsumfang

Das Brandmeldesystem ist voll integriert in das Maschinenhaus.

Zum Leistungsumfang gehören:

- Bereitstellung, Montage, Installation und Inbetriebnahme von:
 - Erforderlichen Bauteilen
 - Rohrleitungssystem
 - Schläuchen und Ansaugstutzen
 - Verkabelung
- Dokumentation (Betriebsanleitung)

Die Abnahme des Brandmeldesystems durch einen Sachverständigen kann gefordert sein, die Beauftragung des Sachverständigen liegt im Leistungsumfang des Kunden. NORDEX unterstützt bei der Durchführung der Abnahme.
