

TURBULENZABSCHÄTZUNG

für den Standort

39365 DRUXBERGE

FÜR

164,0 m Nabenhöhe

AUFTRAGGEBER: Naturwind GmbH
Schelfstraße 35
D-19055 Schwerin

AUFTRAGNEHMER: Ingenieurbüro PLANKon
Dipl. Ing. Roman Wagner vom Berg
Blumenstr. 26
26121 Oldenburg
Tel.: 0441-390340

BERICHTSNUMMER: PK 2013052-UTA

Datum: 14.06.2022



Inhaltsverzeichnis

0	Einleitung	3
1	Standortbeschreibung und Windanströmung.....	3
2	Turbulenzintensität	4
3	Datengrundlagen.....	6
4	Abweichungen von der Akkreditierung	6
5	Ergebnisse.....	7
6	Literatur	10
7	Anlagen zur Turbulenzabschätzung Druxberge	10

0 Einleitung

In der vorliegenden Berechnung wird der Standort Druxberge hinsichtlich der mittleren Turbulenzintensität am Standort unter Berücksichtigung der Einflussfaktoren der Umgebung untersucht.

Mit der sogenannten „Windatlas-Methode“ können anhand gemessener Langzeitdaten der Windverhältnisse einer benachbarten meteorologischen Station die Einflussfaktoren zu den Windverhältnissen am geplanten Standort bestimmt werden. Hierbei werden die geländespezifischen Verhältnisse (Hindernisse, Rauigkeiten und Orographie) unter Hinzuziehung von genauem Kartenmaterial exakt ermittelt und berücksichtigt.

Der sogenannte Windatlas basiert auf den physikalischen Strömungsverhältnissen der atmosphärischen Grenzschicht. Mit der regionalen Windstatistik lässt sich nun das spezielle Windangebot, charakterisiert durch die richtungsabhängigen Weibull-Parameter, für jeden beliebigen Punkt und fast jede beliebige Höhe in dieser Region mit den topographischen Gegebenheiten des Mikrostandortes unter Hinzuziehung der dänischen Computerprogramme „Wind Atlas Analysis and Application Programme“ (WAsP (Vers. 10.1)) von Risö und „WindPRO“ (Vers. 3.1) von EMD berechnen.

Die hier vorgenommene Begutachtung erfolgt gemäß der Prozessbeschreibung zur Erstellung einer Abschätzung der Umgebungsturbulenz aus Rauigkeiten laut Anlage zur Akkreditierungsurkunde D-PL-11014-01-00.

1 Standortbeschreibung und Windanströmung

Der Standort befindet sich ca. 20 km westlich von Magdeburg, im Norden der Magdeburger Börde. Druxberge ist ein Ortsteil der Gemeinde Eilsleben im Landkreis Börde in Sachsen-Anhalt. Direkt am Standort werden bereits 70 WEA betrieben. Es handelt sich dabei um 12 Anlagen vom Typ Enercon E-66/18.70 mit einer Nabenhöhe von 98,0 m, einem Rotordurchmesser von 66,0 m und einer Nennleistung von 1,8 MW, eine Anlage vom Typ Enercon E-70/E4 mit einer Nabenhöhe von 98,0 m, einem Rotordurchmesser von 70,4 m und einer Nennleistung von 2,0 MW, eine Anlage vom Typ Enercon 82/E2 mit einer Nabenhöhe von 138,4 m, einem Rotordurchmesser von 82,0 m und einer Nennleistung von 2,3 MW, 13 Anlagen vom Typ Nordex N60 mit einer Nabenhöhe von 69,0 m, einem Rotordurchmesser von 60,0 m und einer

Nennleistung von 1,3 MW, 6 Anlagen vom Typ Nordex N62 mit einer Nabenhöhe von 69,0 m, einem Rotordurchmesser von 62,0 m und einer Nennleistung von 1,3 MW und 37 Anlagen vom Typ Vestas V80 mit einer Nabenhöhe von 95,0 m, einem Rotordurchmesser von 80,0 m und einer Nennleistung von 2,0 MW.

Die geplante Windpark-Erweiterung befindet sich zwischen den Ortschaften Druxberge (Entfernung ca. 1.800 m) im Osten, Ovelgünne (Entfernung ca. 1.300 m) im Süden und Hakenstedt (Entfernung ca. 2.600 m) Norden, im südlichen Bereich der bestehenden WEA.

Der Nahbereich der Standorte ist durch landwirtschaftlich genutzte Flächen gekennzeichnet und ist eher offen. Vereinzelt schließen sich kleinere Ortschaften an, wie Druxberge im Osten mit einzelnen, vorgelagerten Gehölzen und Eilsleben im Westen. Die umgebenden Wege sind meist von niedrigen Hecken oder nicht sehr hohen Baumreihen gesäumt. Der weitere Verlauf bleibt geprägt von landwirtschaftlich genutzten Flächen und kleineren Ortschaften. Nur von Nordwest über Nord, von Helmstedt bis Haldensleben, und im Südwesten bei Oschersleben erstrecken sich auch größere Waldgebiete.

Die Standorte befinden sich in welligem Gelände an den Ausläufern des Hauptgrabens, der sich von Nordwest nach Südost durch die Windparkfläche zieht, in Geländehöhen von 129 - 145 m ü. NN. In Richtung West über Süd bis Ost steigt das Gelände zu kleineren Anhöhen auf bis zu 160 m ü. NN an. In den restlichen Himmelsrichtungen bleibt das Gelände leicht-gängig auf ähnlichem Höhen-Niveau um 130 bis 160 m ü. NN.

Zur genaueren Bewertung des Standortes wurde am 17.03.2022 von Herrn B. Eng. Hennes Hake eine Ortsbegehung durchgeführt. Es wurden Rundumaufnahmen des Standortes und der näheren Umgebung erstellt sowie Bewuchs und Bebauung im Umkreis auf 1.000 m kartiert und im weiteren Umkreis bewertet.

2 Turbulenzintensität

Die Turbulenzintensität T_u wird zur Beschreibung des turbulenten Anteils der Luftströmung bestimmt. Sie ergibt sich aus dem Verhältnis der Standardabweichung S_u der turbulenten Fluktuationen des Windes zum Mittelwert V_m der Windgeschwindigkeit. Die genaue Angabe einer Turbulenzintensität lässt sich nur durch

Windmessungen am Standort selbst ermitteln. Sie hängt stark von den Umgebungsbedingungen wie Oberflächenrauigkeit, Höhenprofil, Hindernissen und der Höhe über Grund ab. Im nicht gegliederten Gelände (relativ flaches bzw. leicht hügeliges Terrain) lässt sich die Turbulenzintensität gem. den „Guidelines for Design of Wind Turbines“ (DNV/Risø, Second edition, Risø National Laboratory) angegebene Beziehung wie folgt abschätzen:

$$T_u = S_u/V_m = A_x \times k \times 1/\ln(h/z_0)$$

- A_x** variabler Berechnungsparameter, kann Werte zwischen 1,8 und 2,5 annehmen,
Hier gewählt: 1,9
- k** Karman Konstante (=0,4)
- ln** natürlicher Logarithmus
- h** Höhe über Grund in m
- z₀** Rauigkeitslänge in m

In den Lastannahmen zu Typenstatiken für Windkraftanlagen wird meist eine zulässige und in der Annahme hohe Turbulenzintensität von 18 % bei einer Referenzwindgeschwindigkeit von 15 m/s festgelegt. Diese Turbulenzintensität wird an diesem Standort durch die umgebenden Anströmungsstörungen nicht erreicht. Zur Untersuchung von Abständen von WEA untereinander muss jedoch auch die Nachlaufströmung der WEA berücksichtigt werden.

Die Jahresmittelwindgeschwindigkeit an diesem Standort beträgt gem. Berechnung PLANKon 7,30 m/s in 164,0 m Höhe.

Der Standort liegt gem. DIN 1055, *Lastannahmen*, und DIN 4133, *Schornsteine aus Stahl*, in der Windzone II.

Die Hauptwindrichtung gem. den Aussagen der durchgeführten Windfeldanalyse für den untersuchten Standort ist West. Es ist die Windrichtung mit dem größten Windaufkommen an dem Standort. Alle anderen Windrichtungen sind als Nebenwindrichtungen zu betrachten.

3 Datengrundlagen

Berechnungshöhe :	164,0m Nabenhöhe (NH)
Koordinate Berechnung:	ETRS89, Zone 32 RW: 655.960, HW: 5.781.052
Kartenmaterial :	Topografische Karten 1 : 25.000 und 1 : 50.000
Rauigkeit:	Radius von 10 km berücksichtigt
Orographic:	Radius von 10 km berücksichtigt
Wetterstation :	angepasster lokaler WRF (Era5) Knotenpunkt N52.144802 _ E11.265015 (Mesoskalendatensatz), Quelle: EMD

Die Daten wurden wie in Kap. 0 beschrieben mit den Programmen WindPRO (Vers. 3.1) und WAsP (Vers. 10.1) verarbeitet, um eine Windfeldanalyse durchzuführen. Die Rauigkeiten wurden sektorenweise direkt mit dem Programm WAsP (Vers. 10.1) ermittelt.

Die Gesamtrauigkeit wurde über alle Sektoren mit dem Berechnungen Programm WindPRO (Vers. 3.1) in Verbindung mit WAsP (Vers. 10.1) ermittelt.

4 Abweichungen von der Akkreditierung

Im Gutachten und bei der Erstellung des Gutachtens sind folgende Abweichungen zur Akkreditierung zu vermerken:

Abweichung gegenüber /1/ /2/ und den Anforderungen der Mindeststandards für Turbulenzgutachten

Es lag kein vollständiges Wind- und Ertragsgutachten gem. TR 6 /3/ sondern nur eine gutachtenreife Ertragsberechnung gem. TR 6 /3/ vor. Diese deckt sich jedoch zur Winddatenermittlung im Untersuchungsumfang und der Bearbeitungstiefe vollständig mit den Anforderungen der TR 6 /3/.

Abweichung gegenüber eigenen Festlegungen / Akkreditierungsanforderungen

Es lag kein vollständiges Wind- und Ertragsgutachten gem. TR 6 /3/ sondern nur eine gutachtenreife Ertragsberechnung gem. TR 6 /3/ vor. Diese deckt sich jedoch zur Winddatenermittlung im Untersuchungsumfang und der Bearbeitungstiefe vollständig mit den Anforderungen der TR 6 /3/.

5 Ergebnisse

Für den Standort Druxberge sind für die Turbulenzabschätzung die Rauigkeiten und die Windverhältnisse in einer Höhe von 164,0 m über Grund berechnet worden. Die Windverhältnisse und der Verlauf des Windprofils werden maßgeblich durch die Hindernisse und die Rauigkeit bestimmt. Zur Bestimmung der Turbulenzen wurden die Rauigkeitswerte ermittelt.

Mit der für diese Abschätzung verwendeten Windstatistik Magdeburg, sowie den zuvor erläuterten Eingabeparametern für Rauigkeiten und Hindernisse wurden die über das Jahr gemittelten Windanströmungen berechnet. Die Verteilung der Weibull-Parameter A und k und die zugehörige mittlere Windgeschwindigkeit für den Mikrostandort sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

164,0 m Nabenhöhe (NH)

Sektor	A-Parameter [m/s]	Wind- geschwindigkeit [m/s]	k-Parameter	Häufigkeit [%]
N	5,96	5,28	2,041	4,1
NNO	5,66	5,02	2,068	3,7
ONO	6,42	5,69	2,209	5,0
O	6,97	6,17	2,205	6,2
OSO	7,22	6,39	2,244	7,7
SSO	6,96	6,16	2,201	6,5
S	7,00	6,20	2,002	5,9
SSW	8,56	7,58	2,271	8,0
WSW	9,51	8,43	2,416	12,2
W	10,60	9,41	2,600	20,0
WNW	8,61	7,63	2,342	14,1
NNW	6,43	5,70	2,096	6,6
Mittel/Summe	8,24	7,30	2,096	100,0

Es handelt sich bei der Ertragsberechnung um eine gutachtenreife Berechnung, die alle Anforderungen zur Methodik und Untersuchung der TR 6 /3/ erfüllt.

Die Jahresmittelwindgeschwindigkeit an diesem Standort beträgt gem. Berechnung PLANKon 7,30 m/s in 164,0 m Höhe. Die Ergebnisse der Windfeldberechnung sind die Eingangswerte der Turbulenzabschätzung.

Die Hauptwindrichtung gem. den Ergebnissen der durchgeführten Windfeldanalyse für den untersuchten Standort ist West. Es sind die Windrichtungen mit dem größten Windaufkommen an dem Standort.

Zur Begutachtung des Standortes wurde eine Ortsbegehung durchgeführt.

In den folgenden Tabellen werden die Ergebnisse der mittleren Turbulenzintensitäten für jeden der zwölf Sektoren dargestellt, aufgeteilt in einen nördlichen Teil und einen südlichen Teil der Windpark-Erweiterungs-Planung. In der dritten Spalte wird die berechnete Turbulenzintensität wiedergegeben. In der vierten Spalte ist die repräsentative /2/ Turbulenzintensität unter Berücksichtigung einer möglichen Abweichung von 20 % zzgl. einer Erhöhung zur Berücksichtigung der 95%igen Eintrittswahrscheinlichkeit (Faktor 1,28 * 20 %) berechnet. Hiermit wird der Forderung des Ansatzes der 1,28-fachen Standardabweichung der Turbulenzintensität nach /2/ erfüllt. Die Mittelwerte wurden unter Berücksichtigung der Häufigkeiten berechnet.

In der fünften Spalte werden die ermittelten Häufigkeiten am Micro-Standort der Berechnung Druxberge aus der obigen Tabelle übernommen.

Tabellarische Darstellung der Berechnungsergebnisse 164,0 m Nabenhöhe (NH)

Sektor	Berechnungshöhe	Umgebungsturbulenz	repräsentative Umgebungsturbulenz	Häufigkeit
	[m]	[%]	[%]	[%]
N	164,0	9,8	12,3	4,1
NNO	164,0	9,8	12,3	3,7
ONO	164,0	9,4	11,8	5,0
O	164,0	9,7	12,2	6,2
OSO	164,0	9,6	12,1	7,7
SSO	164,0	9,5	12,0	6,5
S	164,0	9,6	12,1	5,9
SSW	164,0	9,9	12,4	8,0
WSW	164,0	9,5	11,9	12,2
W	164,0	9,6	12,0	20,0
WNW	164,0	9,7	12,2	14,1
NNW	164,0	9,8	12,4	6,6
Mittel/Summe		9,6	12,1	100,0

Bezüglich der ermittelten Rauigkeit ist zu beachten, dass diese gem. der vorliegenden Geländehöhen ermittelt wurde und die Veränderung des Einflusses auf die Turbulenz über die Höhe berücksichtigt wurde. Die ermittelte Rauigkeit entspricht einer typischen Rauigkeit für das vorliegende Gelände. Vergleiche mit tatsächlichen Betriebsdaten bestätigen dies.

Die vorliegende Abschätzung der mittleren Umgebungsturbulenzintensität für den Standort Druxberge ist nur für die natürliche Umgebung des untersuchten Standortes gültig. Sie stellt nicht die Veränderungen der Turbulenzintensität, die durch das Aufstellen von WEA verursacht wird, dar. Diese Veränderungen sind bei Bedarf gesondert zu untersuchen.

Eine Gewähr für die sich tatsächlich einstellenden Turbulenzen kann aufgrund der komplexen physikalischen Zusammenhänge nicht übernommen werden. Für die Umgebungsturbulenz wurde bei Berechnung der repräsentativen Turbulenz in Kenntnis dieser Umstände ein Zuschlag von 20 % berücksichtigt. Hiermit wird der Forderung des Ansatzes der 1,28-fachen Standardabweichung der Turbulenzintensität nach /2/ erfüllt.

Die vorliegende Berechnung wurde von Ing.-Büro PLANKon gemäß dem Stand von Wissenschaft und Technik nach besten Wissen und Gewissen unparteiisch erstellt.

Oldenburg, den 14.06.2022

Erstellt durch:

A handwritten signature in black ink, reading 'R. Wagner vom Berg', is written over a blue circular professional seal. The seal contains the text 'INGENIEUR - MITGLIED DER - NBSH-BUND', 'Dipl.-Ing. (FH) ROMAN WAGNER VOM BERG', and 'Mitar.-Nr. 4306'.

Dipl.-Ing. Roman Wagner vom Berg
(Technischer Leiter)

6 Literatur

- /1/ Richtlinie des Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBt) „Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“ Fassung März 2004; DIBt, Berlin
- /2/ Richtlinie des Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBt) „Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“ Fassung Oktober 2012; 2. Auflage 2012; DIBt, Berlin
- /3/ Technische Richtlinie Teil 6 (TR 6) „Bestimmung von Windpotenzial und Energieerträgen“ der Fördergesellschaft für Windenergie, Revision 10 vom 26.10.2017

7 Anlagen zur Turbulenzabschätzung Druxberge

1 Blatt Übersichtskarte mit Markierung des Standortes

