

Bestimmung des Schattenwurfes durch sieben Windkraftanlagen vom Typ GE 5.3-158, 5.3 MW am Standort Dalldorf-Grabau

Auftraggeber: Bürgerwindpark Dalldorf-Grabau GmbH & Co. KG
Dorfstraße 11
29562 Suhlendorf
Deutschland

Standort: Dalldorf-Grabau, Niedersachsen

Berichts-Nr.: 16-015-7019255-Rev.00-SW-MK

Art des Berichtes: Schattenwurfberechnung

Datum: 02. September 2019

Bestimmung des Schattenwurfes durch sieben Windkraftanlagen vom Typ GE 5.3-158, 5.3 MW am Standort Dalldorf-Grabau

-Prüfbericht-

Für dieses Projekt ausgestellte Dokumente hinsichtlich Schattenwurfs:

Berichtsnummer	Datum	Titel	Inhaltliche Änderungen
16-015-7019255-Rev.00-SW-MK	02.09.2019	Bestimmung des Schattenwurfes durch sieben Windkraftanlagen vom Typ GE 5.3-158, 5.3 MW am Standort Dalldorf-Grabau	Erstbericht

Die anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 für die Bereiche "Bestimmung von Windpotenzial und Energieerträgen von (WEA)-Standorte; Berechnung des zu erwartenden mittleren Jahresenergieertrages; Bestimmung der Standortgüte zur Inbetriebnahme; Durchführung, Auswertung und Analyse von Windmessungen mittels Anemometern, SoDAR und LiDAR; Berechnung der Turbulenzintensität; Schattenwurf-berechnung von Windenergieanlagen; Schallimmissionsprognosen von Windenergieanlagen; Erstellung von Windatlanten sowie Bestimmung der Wind- und Ertragsindizes; Erstellung von Erlösgutachten; Berechnung von Marktwertatlanten" akkreditiert.

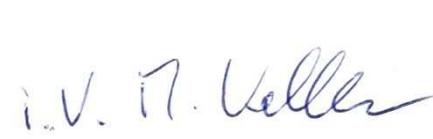
Reppenstedt, den 02. September 2019

verantwortlicher Bearbeiter

geprüft

freigegeben





Martin Kolbe
Dipl.-Geograf
Senior Consultant

Julia Gerken
Dipl. Meteorologin
Senior Consultant

Dr. H.-T. Mengelkamp
Geschäftsführer



Rechtliche Hinweise

Dieser Bericht wurde nach bestem Wissen und Gewissen und dem aktuellen Stand der Technik erstellt. Eine Haftung für die hier dargestellten Ergebnisse seitens des Auftragnehmers wird nicht übernommen. Diese Stellungnahme bleibt bis zur Abnahme und Bezahlung unter Ausschluss jeglicher Nutzung alleiniges Eigentum der anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH.

Die anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH verfügt über eine Berufshaftpflichtversicherung, die auf Verlangen nachgewiesen werden kann. Eine Haftung wird nur im Rahmen des Deckungsschutzes dieser Versicherung übernommen. Eine weitergehende Haftung wird ausdrücklich ausgeschlossen. Ein Gewährleistungsanspruch von Seiten Dritter entfällt.

Die anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH ist neutral und unabhängig. Verflechtungen geschäftlicher oder privater Art mit dem Auftraggeber oder anderen Firmen bestehen nicht.

Eine auszugsweise Veröffentlichung ist nicht erlaubt.

Das vorliegende Dokument darf zum Einholen von erforderlichen Genehmigungen, für die Prospektierung, für die Projektfinanzierung sowie im Rahmen einer Due Diligence an Dritte weitergegeben werden. Die Veröffentlichung und Vervielfältigung des Berichtes ist nur mit schriftlicher Erlaubnis der anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH gestattet.

Dieser Bericht umfasst 17 Seiten.

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Vorbemerkungen	5
2 Standort und Lagebeschreibung	6
3 Berechnungen.....	10
4 Ergebnisse	11
5 Unsicherheiten	12
6 Literatur	13
7 Karte der Beschattungs-Isolinien (astronomisch max. möglich).....	14
8 Detaillierte Ergebnisse WindPRO	15
9 Beschattungs-Kalender	17

1 Vorbemerkungen

Die anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH wurde von der Bürgerwindpark Dalldorf-Grabau GmbH & Co. KG beauftragt, die Belastung durch periodischen Schattenwurf von Windkraftanlagen (WKA) am Standort Dalldorf-Grabau, Niedersachsen abzuschätzen.

Zur Berechnung des Schattenwurfes wird das Programm WindPRO (Version 3.2) der Firma EMD International A/S, Aalborg, Dänemark verwendet.

Die berücksichtigten Immissionsorte wurden von der anemos GmbH anhand von Luftbildern und öffentlichem Kartenmaterial (Web Map Service LGLN) identifiziert. Die Punkte wurden anschließend zusätzlich mit der zuständigen Immissionsschutzbehörde (Landkreis Uelzen) abgestimmt.

Die topographischen Verhältnisse in der unmittelbaren Umgebung des vorgesehenen Standortes und für die weitere Umgebung wurden topographischen Karten im Maßstab 1:25.000 entnommen.

Die Standortbesichtigung wurde am 13.06.2019 von dem Mitarbeiter der anemos GmbH Herrn Martin Kolbe durchgeführt.

Die zugrunde gelegten Eckdaten der verschiedenen WKA wurden der in WindPRO integrierten Datenbank entnommen.

Dieses Gutachten richtet sich nach der Leitlinie des Länderausschusses für Immissionsschutz „Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen“ (13.03.2002) sowie dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG).

2 Standort und Lagebeschreibung

Der geplante Windpark befindet sich im Nordwesten Deutschlands, ca. 18 km östlich von Uelzen (Abb. 1). Die UTM-Koordinaten (ETRS 89, Zone 32) der Standorte sind wie folgt angegeben:

Tab. 1: Koordinaten der geplanten WKA

WKA	Rechtswert	Hochwert	Höhe ü. NN [m]	WKA-Typ	Nennleistung [kW]	NH [m]	Besonderheiten
1	622686	5866974	66	GE 5.3-158	5300	161	--
2	623078	5867196	65				
3	623372	5866945	68				
4	623606	5867541	71				
5	623926	5868105	74				
6	624271	5868295	73				
7	624001	5868737	71				

Am Standort befinden sich im Moment keine weiteren WKA, die als Vorbelastung zu berücksichtigen sind.

Die unmittelbare Umgebung der geplanten WKA-Standorte wird durch offenes Areal gebildet. Bei der Berechnung des Schattenwurfes der Windkraftanlagen wird in diesem Bericht vom schlechtest möglichen Fall ausgegangen, weshalb die Abschirmung der Immissionsorte durch eventuelle Sichthindernisse vernachlässigt wird. Lediglich mögliche Verdeckung durch die Orographie (also z. B. einen Berg) werden berücksichtigt.

Die zu beurteilenden Immissionsorte befinden sich in einer Entfernung von ca. 570 m bis über 2500 m im Umkreis der geplanten Windkraftanlagen. Die Koordinaten der Immissionsorte wurden vom Auftraggeber übermittelt und anhand von Kartenmaterial und Luftbildern überprüft. Die UTM-Koordinaten (ETRS 89, Zone 32) der Immissionsorte sind in folgender Tabelle dargestellt.

Tab. 2: Berücksichtigte Immissionsorte

IO	Bezeichnung	Rechtswert	Hochwert	Höhe ü. NN (m)
1	St. Omer 2	624539	5868919	75
2	St. Omer 1	624718	5868879	75
3	Növenthien 43	620836	5866131	60
4	Grabau, Dammneitzer Weg 12	621913	5867881	60
5	Grabau, Dammneitzer Weg 9	621947	5867919	60
6	Dalldorf 17	622780	5868200	63
7	Dalldorf 3A	622875	5868426	62
8	Dallahn 5A	622967	5869914	70
9	Meußließen 6	625988	5867424	90

Orographisch kann die Standortumgebung als flaches bis flach welliges Gelände bezeichnet werden mit Geländehöhen zwischen 20 und 145 Metern ü. NN auf dem insgesamt 25 km x 25 km großen digitalen Geländemodell. Die geplanten WKA-Standorte selbst weisen Höhen von 65 Metern ü. NN bis 74 m ü. NN auf.



Abb. 1: Lageplan des beurteilten Standortes, rot: Neuplanung, gelb: Immissionsorte, Quelle: Google Earth Pro

Die Geländehöhen wurden dem SRTM Datensatz (*Shuttle Radar Topography Mission, USGS EROS Data Center*) entnommen und auf das Modellgitter interpoliert. Die Daten wurden im Jahr 2000 aufgenommen und liegen als Rasterdaten mit einer räumlichen Auflösung von etwa 90 m vor. Die vertikale Auflösung beträgt 1 m. In der unmittelbaren Umgebung des zu beurteilenden Standortes wurden diese Informationen durch Abgleich mit topographischen Karten im Maßstab 1:25.000 aktualisiert. Die Größe des insgesamt berücksichtigten Gebietes ist aus der Abb. 2 ersichtlich.

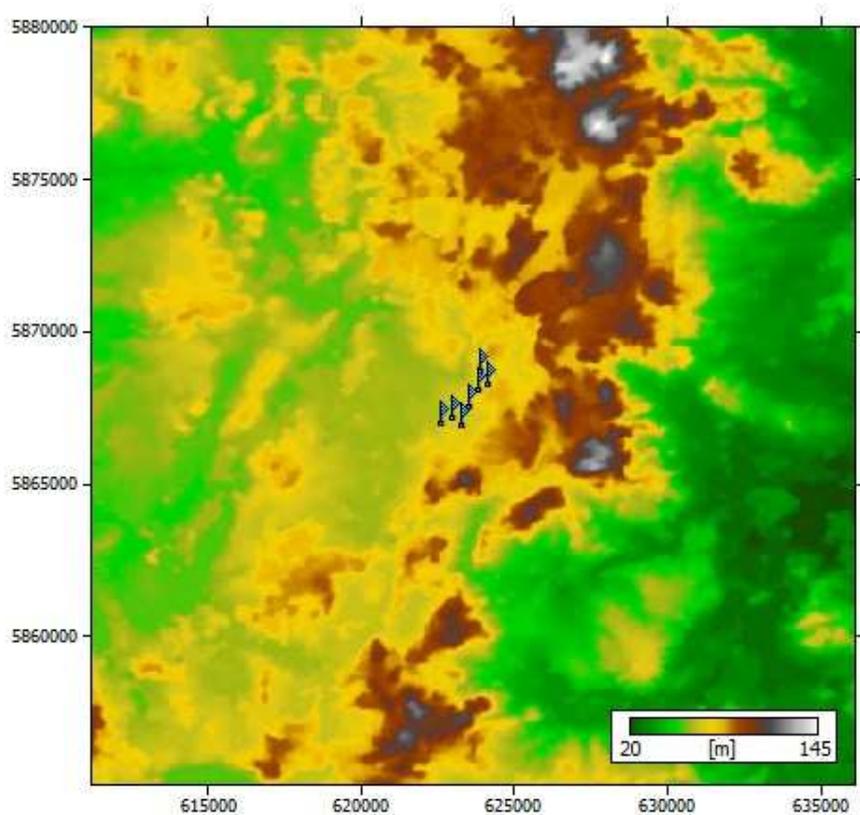


Abb. 2: Orographie der Standortumgebung (25 x 25 km²). Die geplanten Anlagen sind eingezeichnet.

Standortumgebung 360°



Abb. 3: Standortumgebung. Standortbesichtigung am 13.06.2019

Die Fotos wurden im Uhrzeigersinn von Norden anfangend aufgenommen. Die Standortbesichtigung fand am 13.06.2019 durch den Mitarbeiter der anemos GmbH Martin Kolbe statt.

3 Berechnungen

Für eine vorgegebene Windparkkonfiguration wird die gesamte Belastung durch Schattenwurf für den definierten Immissionsort bestimmt. Die Berechnung erfolgt mit dem in das Programm WindPRO integrierten Modul SHADOW. In Anlehnung an die Leitlinie des Länderausschusses für Immissionsschutz wird bei der Simulation von den schlechtest möglichen Bedingungen („worst case“) ausgegangen. Dies bedeutet, dass die Rotorblätter immer senkrecht zur Sonne stehen, die Sonne tagsüber immer scheint (keine Bewölkung) und die Windrichtung dem Azimutwinkel der Sonne entspricht. Zusätzlich wird davon ausgegangen, dass immer ausreichend Wind zum Bewegen des Rotors herrscht. Dies bedingt die höchstmögliche Beschattungsdauer der jeweiligen Standorte.

Gemäß der Leitlinie für die optischen Emissionen von Windkraftanlagen wird für jeden Immissionsort ein horizontal ausgerichteter Rezeptor mit einer Fläche von $0.1 * 0.1 \text{ m}^2$ in einer Höhe von 2.0 m über Grund angenommen.

Die Bereiche, in denen die Rotorblätter weniger als 20 % der Sonne verdecken, werden nicht berücksichtigt. Dabei wird die in der Leitlinie des Länderausschusses für Immissionsschutz zugrunde gelegte mittlere Blatttiefe angenommen:

$$\text{Mittlere Blatttiefe} = \frac{1}{2} (\text{maximale Blatttiefe} + \text{minimale Blatttiefe bei } 0.9 * \text{Rotorradius})$$

Der Grenzwert für den zu berechnenden Schattenwurf ist bei einer Sonnenhöhe von 3° über dem Horizont erreicht.

Als Referenzjahr wurde das Jahr 2019 gewählt.

Die Rechnungen werden für folgende Windkraftanlagentypen durchgeführt:

Tab. 3: Berücksichtigte WKA-Typen

WKA-Typ	Nabenhöhe	Rotordurchmesser	Nennleistung (Normalmodus)
GE 5.3-158	161 m	158 m	5300 kW

4 Ergebnisse

Da die Grenzwerte der maximal zumutbaren täglichen und jährlichen Beschattungszeiten gesetzlich nicht verbindlich geregelt sind, werden hier die Hinweise der Leitlinie des Länderausschuss für Immissionsschutz als Grundlage herangezogen. Im Zuge dessen sollten die jährlichen maximal möglichen Beschattungszeiten eine Dauer von 30 h/Jahr und die täglichen Beschattungszeiten eine Dauer von 30 min/Tag nicht überschreiten.

Für die tatsächliche Beschattungsdauer liegt der Grenzwert entsprechend niedriger bei 8 h/a. Dieser Wert entspricht dem Grenzwert, nach dessen Erreichen eine WKA mit Schattenwurfmodul, das die meteorologischen Parameter berücksichtigt, abzuschalten ist, also dem Grenzwert für die tatsächlich auftretende Beschattungsdauer (s. auch Hinweise LAI).

Die durchgeführten Berechnungen führen zu den in der folgenden Tabelle dargestellten Ergebnissen. Da am Standort keine Vorbelastung zu berücksichtigen ist, gleicht die Zusatzbelastung der Gesamtbelastung. Die detaillierten Ergebnisausdrucke des Programms WindPRO zur Gesamtbelastung sind im Anhang dargestellt.

Zusatz- (und Gesamt-) belastung, alle in Tab. 1 aufgeführten WKA

Tab. 4: Ergebnisse Gesamtbelastung

IO	Berechnete jährliche Beschattungsdauer [worst case h/a]	Berechnete maximale Beschattungsdauer pro Tag [worst case h/d]
1	192:56	1:34
2	143:00	1:20
3	0:00	0:00
4	62:43	0:33
5	61:41	0:33
6	81:06	0:48
7	89:24	0:41
8	24:03	0:25
9	0:00	0:00

Die jährlichen empfohlenen Richtwerte der astronomisch maximal möglichen Beschattungsdauer werden aufgrund der Gesamtbelastung an mehreren Immissionsorten überschritten.

Wir empfehlen die Installation einer Abschaltvorrichtung, die anhand der Messung der relevanten meteorologischen Größen eine eventuelle Überschreitung der Grenzwerte tatsächlicher Beschattungsdauer verhindert.

5 Unsicherheiten

Jegliche Prognosen und Berechnungen unterliegen gewissen Unsicherheiten. Im Fall von Schattenwurf allgemein sind diese als gering einzustufen, da die Berechnungen auf fixen geometrischen und astrophysischen Gegebenheiten basieren. Eine 100 %-ige Garantie, dass alle Inputvariablen in ausreichend genauer Form eingegeben wurden, kann jedoch nicht gewährleistet werden. So können z.B. ungenau angegebene Koordinaten oder ein ungenau vorliegendes Orographiemodell zu verfälschten Ergebnissen führen. Eine Quantifizierung dieser Unsicherheitskomponenten ist nicht möglich, jedoch sollte erwähnt werden, dass Unsicherheiten bestehen.

Unter anderem aufgrund dieser Faktoren ist diese Berechnung dafür geeignet, eventuelle Überschreitungen von Grenzwerten aufzuzeigen und kann somit auch zur immissionsschutzrechtlichen Beurteilung an Immissionsorten herangezogen werden. Sie ist jedoch nicht geeignet, Schattenmodule hinsichtlich ihrer exakten Abschaltzeiten zu programmieren.

6 Literatur

Agatz, Monika: Windenergie Handbuch, 13. Ausgabe, Dezember 2016

BUNDES-IMMISSIONSSCHUTZGESETZ in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. September 2002 (BGBl. I S. 3830), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 01. November 2005 (BGBl. I S. 1865)

Länderausschuss für Immissionsschutz, 2002, Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, 03/2002, Sachinformation Optische Immissionen von Windenergieanlagen

WindPRO, EMD International A/S, Software and Handbook, www.emd.dk

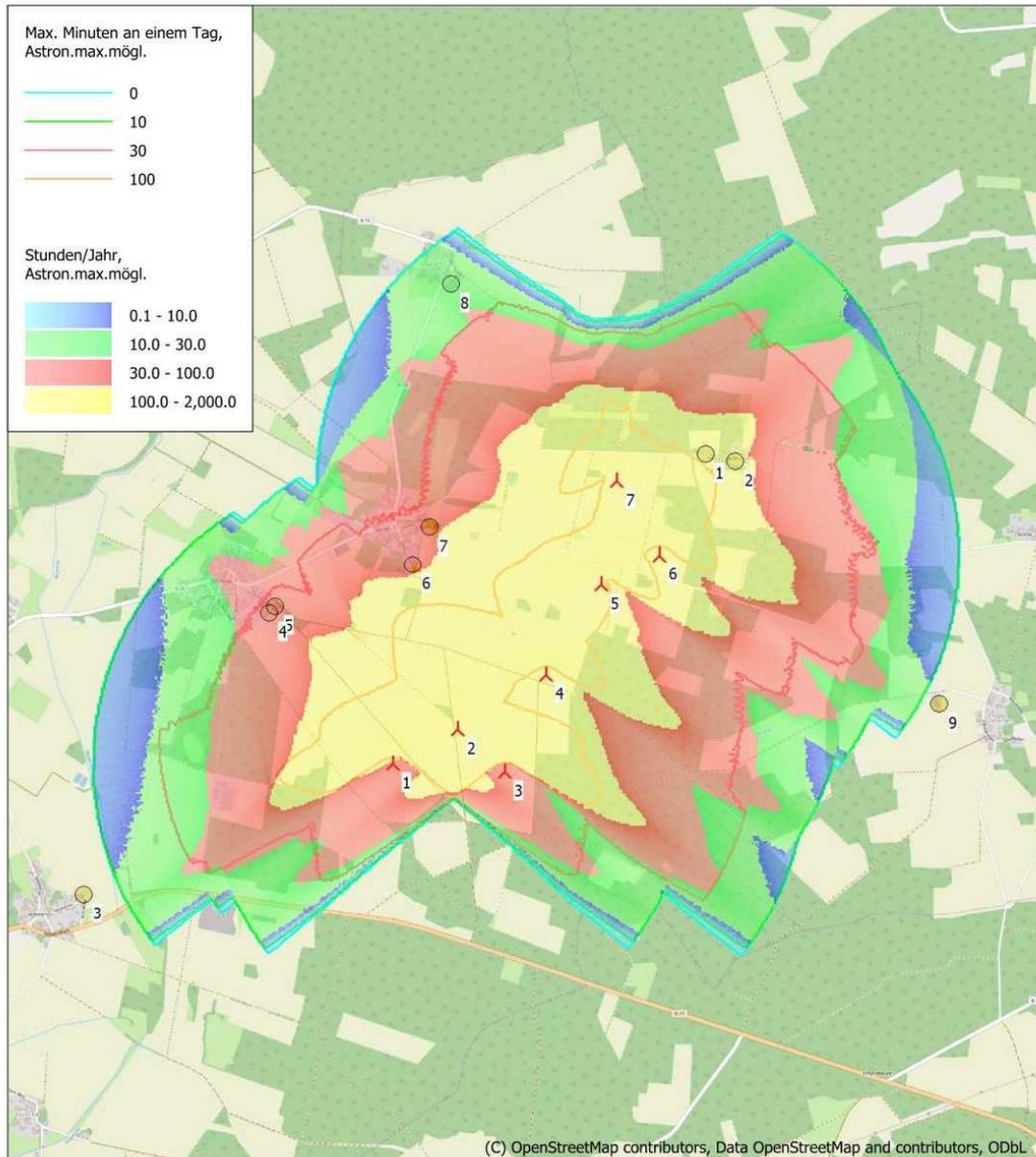
7 Karte der Beschattungs-Isolinien (astronomisch max. möglich)

Projekt:
Dalldorf-Grabau

Lizenzierter Anwender:
anemos GmbH für Umweltmeteorologie mbH
Böhmsholzer Weg 3
DE-21391 Reppenstedt
49(0)4131-8308-100
kolbe / martin.kolbe@anemos.de
Berechnet:
09.07.2019 13:39/3.2.743

SHADOW - Karte

Berechnung: 2019-07-Dalldorf-Grabau Schatten



Karte: EMD OpenStreetMap , Maßstab 1:35,000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 623,370 Nord: 5,868,030
 Neue WEA Schattenrezeptor
 Höhe der Schattenkarte: Höhenlinien: oro_25x25km_Dalldorf_Oldendorf_Nateln_2019-05.map (3)

8 Detaillierte Ergebnisse WindPRO

Projekt:
Dalldorf-Grabau

Lizenzierter Anwender:
anemos GmbH für Umweltmeteorologie mbH
Böhmsholzer Weg 3
DE-21391 Reppenstedt
49(0)4131-8308-100
kolbe / martin.kolbe@anemos.de
Berechnet:
09.07.2019 13:39/3.2.743

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: 2019-07-Dalldorf-Grabau Schatten

Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

Beschattungsbereich der WEA
Schatten nur relevant, wo Rotorblatt mind. 20% der Sonne verdeckt
Siehe WEA-Tabelle

Minimale relevante Sonnenhöhe über Horizont 3 °
Tage zwischen Berechnungen 1 Tag(e)
Berechnungszeitsprung 1 Minuten

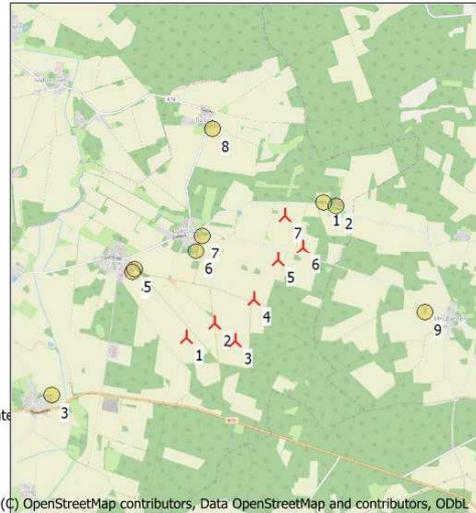
Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [BRAUNSCHWEIG]
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez
1.53 2.47 3.43 5.17 7.00 6.63 6.76 6.51 4.71 3.31 1.88 1.07

Betriebsstunden ermittelt aus WEA in Berechnung und Windverteilung:
Terrain Dalldorf-Grabau

Betriebsdauer je Sektor
N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe
307 339 461 694 682 477 554 988 1,507 1,251 856 455 8,571
Startwindgeschwindigkeit: Startwindgeschw. aus Leistungskennlinie

Eine WEA wird nicht berücksichtigt, wenn sie von keinem Teil der
Rezeptorfläche aus sichtbar ist. Die Sichtbarkeitsberechnung basiert auf
den folgenden Annahmen:
Verwendete Höhenlinien: Höhenlinien: oro_25x25km_Dalldorf_Oldendorf_Nat
Hindernisse in Berechnung nicht verwendet
Berechnungshöhe ü.Gr. für Karte: 1.5 m
Rasterauflösung: 1.0 m
Topographischer Schatten berücksichtigt

Alle Koordinatenangaben in:
UTM (north)-ETRS89 Zone: 32



(C) OpenStreetMap contributors, Data OpenStreetMap and contributors, ODbL
Maßstab 1:75,000
Neue WEA Schattenrezeptor

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ		Typ	Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller					Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]
1	622,686	5,866,974	65.7	WEA1	Ja	GE WIND ENERGY	GE 5.3-158-5,300	5,300	158.0	161.0	1,816	0.0
2	623,078	5,867,196	65.0	WEA2	Ja	GE WIND ENERGY	GE 5.3-158-5,300	5,300	158.0	161.0	1,816	0.0
3	623,372	5,866,945	67.5	WEA3	Ja	GE WIND ENERGY	GE 5.3-158-5,300	5,300	158.0	161.0	1,816	0.0
4	623,606	5,867,541	71.3	WEA4	Ja	GE WIND ENERGY	GE 5.3-158-5,300	5,300	158.0	161.0	1,816	0.0
5	623,926	5,868,105	74.3	WEA5	Ja	GE WIND ENERGY	GE 5.3-158-5,300	5,300	158.0	161.0	1,816	0.0
6	624,271	5,868,295	73.4	WEA6	Ja	GE WIND ENERGY	GE 5.3-158-5,300	5,300	158.0	161.0	1,816	0.0
7	624,001	5,868,737	71.3	WEA7	Ja	GE WIND ENERGY	GE 5.3-158-5,300	5,300	158.0	161.0	1,816	0.0

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
					[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
A 1		624,539	5,868,919	75.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
B 2		624,718	5,868,879	75.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
C 3		620,836	5,866,131	60.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
D 4		621,913	5,867,881	60.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
E 5		621,947	5,867,919	60.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
F 6		622,780	5,868,200	62.5	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
G 7		622,875	5,868,426	62.4	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
H 8		622,967	5,869,914	70.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
I 9		625,988	5,867,424	90.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0

Projekt:
Dalldorf-Grabau

Lizenzierter Anwender:
anemos GmbH für Umweltmeteorologie mbH
Böhmschholzer Weg 3
DE-21391 Reppenstedt
49(0)4131-8308-100
kolbe / martin.kolbe@anemos.de
Berechnet:
09.07.2019 13:39/3.2.743

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: 2019-07-Dalldorf-Grabau Schatten

Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattungsdauer
		Stunden/Jahr [h/a]	Schattentage/Jahr [d/a]	Max.Schattendauer/Tag [h/d]	Stunden/Jahr [h/a]
A 1		192:56	179	1:34	30:17
B 2		143:00	183	1:20	24:18
C 3		0:00	0	0:00	0:00
D 4		62:43	156	0:33	7:40
E 5		61:41	151	0:33	7:21
F 6		81:06	198	0:48	16:48
G 7		89:24	200	0:41	15:21
H 8		24:03	65	0:25	2:09
I 9		0:00	0	0:00	0:00

Gesamtmenge der max. mögl. Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal	Erwartet
		[h/a]	[h/a]
1	WEA1	49:29	4:40
2	WEA2	26:54	3:37
3	WEA3	13:23	1:51
4	WEA4	107:14	12:42
5	WEA5	107:02	16:54
6	WEA6	164:44	23:41
7	WEA7	155:02	36:33

Summen in Rezeptortabelle und WEA-Tabelle können sich unterscheiden, da eine WEA gleichzeitig an zwei oder mehr Rezeptoren Beschattung verursachen kann und/oder ein Rezeptor gleichzeitig von zwei oder mehr WEA beschattet werden kann.

9 Beschattungs-Kalender

Diese und weitere detaillierte Ergebnisse finden sich im gesonderten Dokument „Anhang zum Gutachten zur Bestimmung des Schattenwurfes durch sieben Windkraftanlagen vom Typ GE 5.3-158 am Standort Dalldorf-Grabau“.