

24.0,

Landkreis Cuxhaven
Amt 63
28. Feb. 2023
ImG 2/2023



Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH

Landkreis Cuxhaven
Der Landrat
Bauaufsichtsamt

Bestimmung des Schattenwurfes durch sieben Windenergieanlagen am Standort Sievern

Auftraggeber: BayWa r.e. Wind GmbH ✓
Arabellastraße 4
81925 München
Deutschland

Standort: Sievern, Niedersachsen ✓

Berichts-Nr.: 22-138-7022878-Rev.00-SW-LF

Art des Berichtes: Schattenwurfberechnung

Datum: 11.01.2023

Genehmigung nach BImSchG erteilt unter Hinweis
auf den vorgehefteten Genehmigungsbescheid.

Geschäfts-
zeichen: ImG 02 2023

Nebenbestimmungen sind dem Genehmigungs-
Bescheid zu entnehmen. Diese Prüfbemerkungen
sind bei der Errichtung und dem Betrieb der
Anlage zu beachten.



Bestimmung des Schattenwurfes durch sieben Windenergieanlagen am Standort Sievern

-Prüfbericht-

Landkreis Cuxhaven
Amt 63

28. Feb. 2023

Für dieses Projekt ausgestellte Dokumente hinsichtlich der Schattenwurfberechnung:

Berichtsnummer	Datum	Titel	Inhaltliche Änderungen
22-138-7022334-Rev.00-SW-LF	13.10.2022	Bestimmung des Schattenwurfes durch sieben Windenergieanlagen am Standort Sievern	Erstbericht Schattenwurfberechnung
22-138-7022878-Rev.00-SW-LF	11.01.2023	Bestimmung des Schattenwurfes durch sieben Windenergieanlagen am Standort Sievern	Aktualisierung aufgrund Verschiebung der geplanten WEA und Änderung der Nabenhöhe

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

Reppenstedt, den 11.01.2023

verantwortlicher Bearbeiter



Lena Fieckel
Meteorologie M.Sc.
Senior Consultant

geprüft



Julia Blanke
Dipl.-Meteorologin
Senior Consultant

freigegeben



Lasse Blanke
Geschäftsführer

Genehmigung nach BImSchG erteilt unter Hinweis
auf den vorgehefteten Genehmigungsbescheid.

Geschäfts-
zeichen: **ImG 02 / 2023**

Nebenbestimmungen sind dem Genehmigungs-
Bescheid zu entnehmen. Diese Prüfbemerkungen
sind bei der Errichtung und dem Betrieb der
Anlage zu beachten.

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 26 Seiten.

Genehmigung nach BImSchG erteilt unter Hinweis
auf den vorgehefteten Genehmigungsbescheid.

Geschäfts-
zeichen:

ImG 02 2023

Nebenbestimmungen sind dem Genehmigungs-
Bescheid zu entnehmen. Diese Prüfbemerkungen
sind bei der Errichtung und dem Betrieb der
Anlage zu beachten.

28. Feb. 2023

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Vorbemerkungen	5
2 Standort und Lagebeschreibung.....	6
2.1 Zusatzbelastung	6
2.2 Vorbelastung	7
2.3 Immissionsorte	8
2.4 Standortbesichtigung.....	9
3 Berechnungen	11
4 Ergebnisse.....	12
4.1 Ergebnisse Zusatzbelastung	12
4.2 Ergebnisse Vorbelastung	13
4.3 Ergebnisse Gesamtbelastung	14
5 Unsicherheiten	15
6 Literatur.....	16
Anhang A Abkürzungsverzeichnis.....	17
Anhang B Karte der Beschattungs-Isolinien (astronomisch max. möglich).....	18
Anhang C Zusatzbelastung - Detaillierte Ergebnisse windPRO	20
Anhang D Vorbelastung - Detaillierte Ergebnisse windPRO.....	22
Anhang E Gesamtbelastung - Detaillierte Ergebnisse windPRO	24
Anhang F Beschattungs-Kalender.....	26

1 Vorbemerkungen

Die anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH wurde am 21.11.2022 von der BayWa r.e. Wind GmbH beauftragt, die Belastung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen (WEA) am Standort Sievern, Niedersachsen abzuschätzen.

Bei diesem Bericht handelt es sich um eine Nachberechnung zu dem Gutachten 22-138-7022334-Rev.00-SW-LF vom 13.10.2022. Vom Auftraggeber wurde ein neues Layout für die geplanten WEA vorgegeben, bei dem sich die WEA-Positionen leicht verändern und die Nabenhöhe von 105 m auf 125 m erhöht wird. Aufgrund der o.g. Änderungen wurde erneut geprüft, von welchen umliegenden WEA sich der Beschattungsbereich mit dem der geplanten WEA überschneidet. Da sich der Beschattungsbereich der NW01 nicht mehr mit dem der geplanten WEA überschneidet, wird diese nicht mehr in den detaillierten Berechnungen berücksichtigt. Zusätzlich wurden die bisherigen IO auf ihre Gültigkeit für die aktuelle Betrachtung hin überprüft. Hierbei wurden keine notwendigen Änderungen festgestellt. Alle weiteren Parameter sind identisch zum Vorgängergutachten. Dieser Bericht ist eigenständig gültig.

Zur Berechnung des Schattenwurfes wird das Programm windPRO (Version 3.6) der Firma EMD International A/S, Aalborg, Dänemark verwendet [5]. Die zugrunde gelegten Eckdaten der verschiedenen WEA wurden den Herstellerdokumenten entnommen. Die Koordinaten der geplanten WEA wurden vom Auftraggeber übermittelt.

Dieses Gutachten richtet sich nach der Leitlinie des Länderausschusses für Immissionsschutz „Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen“ (23.01.2020) [3] sowie dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) [2].

Die in diesem Bericht dargestellten Ergebnisse sind ausschließlich für die in diesem Bericht ausgewiesene Windparkkonfiguration des betrachteten Standortes Sievern, Niedersachsen gültig.

2 Standort und Lagebeschreibung

Der geplante Windpark befindet sich im Norden Deutschlands, ca. 8 km nördlich von Bremerhaven. Eine detaillierte Übersichtskarte der Vor- und Zusatzbelastung sowie der berücksichtigten Immissionsorte (IO) befindet sich in Abb. 1.

Die unmittelbare Umgebung des Standortes sowie die weitere Umgebung wird durch einen Wechsel von offenen landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie kleinen Waldflächen gebildet. Dazwischen befinden sich kleinere Ortschaften und einzelne Höfe. Bei der Berechnung des Schattenwurfes der WEA wird in diesem Bericht vom schlechtest möglichen Fall ausgegangen, weshalb die Abschirmung der IO durch eventuelle Sichthindernisse vernachlässigt wird. Lediglich mögliche Verdeckung durch die Orographie (also z. B. einen Berg) werden berücksichtigt.

Orographisch kann die Standortumgebung als flaches Gelände bezeichnet werden mit Höhenunterschieden zwischen -5 und 40 m ü. NN innerhalb eines Gebietes von etwa 20 km x 20 km. Die geplanten Standorte selbst weisen Höhen zwischen 7 und 12 m ü. NN auf.

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.

2.1 Zusatzbelastung

Die UTM-Koordinaten (ETRS89, Zone 32) für die Zusatzbelastung sind in Tab. 1 angegeben. Als Zusatzbelastung werden die vom Auftraggeber geplanten WEA bezeichnet.

Tab. 1: Koordinaten der geplanten WEA (Zusatzbelastung)

WEA	Rechtswert	Hochwert	Höhe ü. NN [m]	WEA-Typ	Nennleistung [kW]	NH [m]	maximale Blatttiefe [m]	minimale Blatttiefe bei 0.9* Rotorradius [m]
WEA 1	475717	5943174	9	Nordex N149/5.7	5700	125	4.20*	1.21*
WEA 2	474514	5943015	8					
WEA 3	474450	5942639	7					
WEA 4	474989	5942752	12					
WEA 5	474865	5942350	8					
WEA 6	475402	5943407	10					
WEA 7	475986	5943677	8					

* Quelle: Hersteller, E0004289528, Rev. 06, 01.04.2021

Genehmigung nach BImSchG erteilt unter Hinweis auf den vorgehefteten Genehmigungsbescheid.

Geschäftszeichen:

ImG 02/2023

Nebenbestimmungen sind dem Genehmigungsbescheid zu entnehmen. Diese Prüfbemerkungen sind bei der Errichtung und dem Betrieb der Anlage zu beachten.

2.2 Vorbelastung

Als Vorbelastung werden alle bestehenden WEA im Umkreis der geplanten WEA angesehen. Für die umliegenden Windparks wurden Testberechnungen durchgeführt, in wie weit sich die Beschattungsbereiche der einzelnen WEA mit denen der geplanten WEA überschneiden. Darauf aufbauend wurden nur die WEA in die Vorbelastung aufgenommen, deren Beschattungsbereich sich mit dem der geplanten WEA überschneidet. Die UTM-Koordinaten (ETRS89, Zone 32) für die so ermittelten WEA der Vorbelastung sind in Tab. 2 angegeben.

Tab. 2: Koordinaten der bestehenden WEA

Windpark	WEA	Rechtswert	Hochwert	Höhe ü. NN [m]	WEA-Typ	Nennleistung [kW]	NH [m]	
Debstedt	DE 01	477941	5943149	15	AN Bonus 1MW/54	1000	60	
	DE 02	477940	5942964	16				
	DE 03	478235	5943209	15				
	Debstedt	DEB RE 01	478064	5942747	16	Gamesa G128-4.5	4500	120
		DEB RE 02	478522	5942712	15			
		DEB RE 03	478473	5942459	15			
		DEB RE 04	478100	5942200	16			
Wremen	WRE 09	471986	5943968	1	Enercon E-40/6.44	600	48.6	
	WRE 11	471974	5943779	1				
	WRE 12	471990	5943633	1				
	WRE 15	471983	5943467	1	Repower MM82-2.05	2050	59	
	WRE 19	471729	5943469	1				
	WRE 20	471738	5943739	1				

Zusätzlich befinden sich am geplanten Standort selbst aktuell elf AN Bonus 1MW/54, die für die geplanten WEA zurückgebaut werden. Daher sind diese WEA nicht als Vorbelastung zu berücksichtigen.

2.3 Immissionsorte

Die zu beurteilenden IO befinden sich in einer Entfernung von ca. 400 m bis etwa 1400 m im Umkreis der geplanten WEA. Die IO wurden anhand von Kartenmaterial und Luftbildern ermittelt. Es wurden die Gebäude als IO aufgenommen, die den maximalen Beschattungszeiten ausgesetzt sind. Die UTM-Koordinaten (UTM, ETRS89, Zone 32) und Adressen sind in Tab. 3 angegeben.

Tab. 3: Berücksichtigte IO

Kennung	Bezeichnung	Rechtswert	Hochwert	Höhe ü. NN (m)
IO01	Debstedt, Pistelberg 3	475866	5941748	10
IO02	Sievern, Heidehof am Neuenwalder Weg	476717	5944584	8
IO03	Langen, Sieverner Str. 179	473748	5942419	4
IO04	Sievern, Blumenstr. 117 (Margarethenhof)	476549	5943723	6
IO05	Sievern, Büttel 29	473961	5943433	4
IO06	Sievern, Büttel 32	473888	5943265	4
IO07	Sievern, Debstedter Kirchweg 169	475497	5942663	10
IO08	Sievern, Neuenwalder Weg (Seemoorhof)	475668	5943965	7
IO09	Sievern, Neuenwalder Weg 1	475410	5943955	8
IO10	Sievern, Schaafdrift 16	474304	5943501	5
IO11	Sievern, Schaafdrift 21	474360	5943540	5
IO12	Sievern, Sieverner See 99	474570	5944485	10
IO13	Sievern, Sieverner Str. 187	473812	5942682	4
IO14	Sievern, Sieverner Str. 199	473850	5942802	5



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

2.4 Standortbesichtigung

Die Standortbesichtigung wurde am 09.06.2022 von dem Mitarbeiter der anemos GmbH Herr Josef Jensen durchgeführt.

Während der Besichtigung wurden die Koordinaten sowie die Nabenhöhen der bestehenden WEA überprüft und der Standort der geplanten WEA besichtigt. Die WEA-Typen wurden ebenfalls verifiziert.

Die Fotos wurden im Uhrzeigersinn von Norden anfangend zwischen den geplanten WEA 3 und 4 (Abb. 2) bzw. bei der geplanten WEA 6 (Abb. 3) aufgenommen.



Abb. 2: Standortumgebung 360° zwischen den geplanten WEA 3 und 4

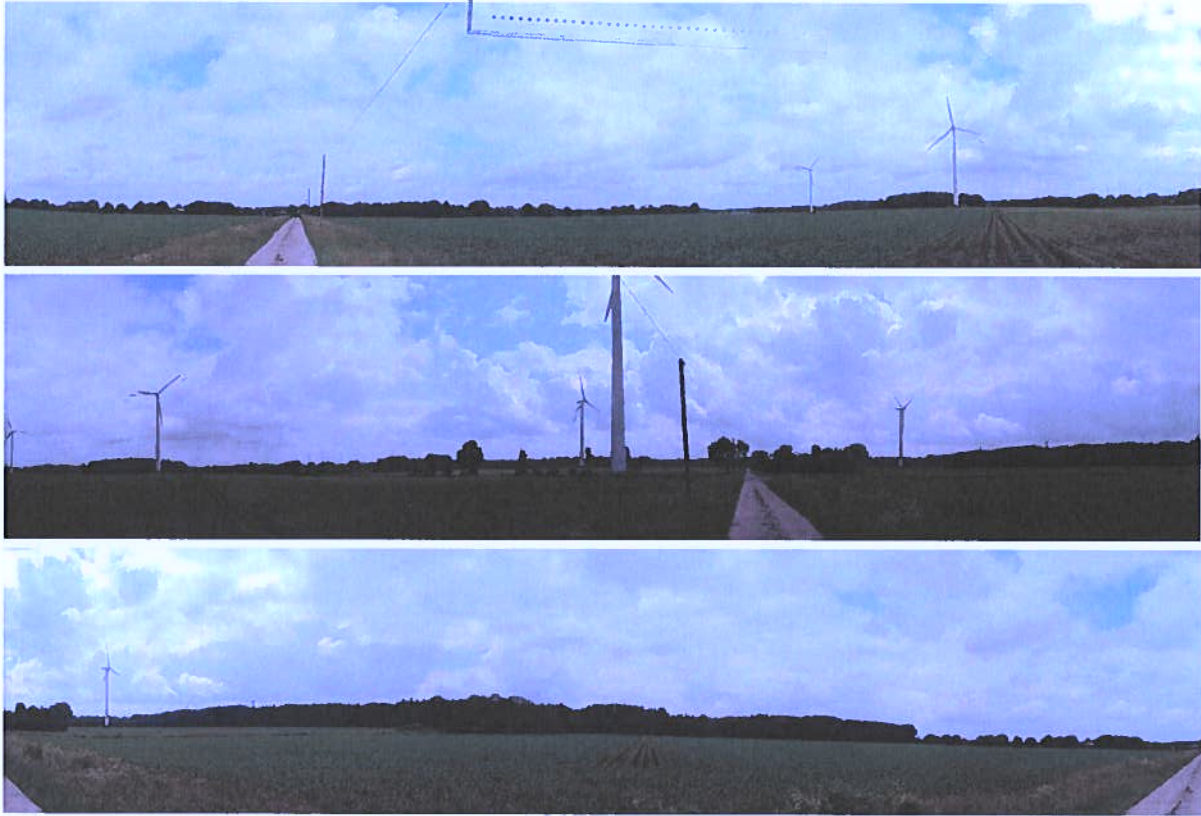


Abb. 3: Standortumgebung 360° bei WEA 6

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 [6]. In Anlehnung an die Leitlinie des Länderausschusses für Immissionsschutz wird bei der Simulation von den schlimmsten möglichen Bedingungen („worst case“) ausgegangen. Dies bedeutet, dass die Rotorblätter immer senkrecht zur Sonne stehen, die Sonne tagsüber immer scheint 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.

Zusätzlich wird hier die sogenannte meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer pro Immissionspunkt berechnet. Hierfür wird zunächst pro Monat die statistisch zu erwartende Sonnenscheindauer von einer in der Nähe gelegenen Wetterstation (in diesem Fall die Station Bremen, aus windPRO entnommen) verwendet. Weiterhin werden pro Windrichtungssektor die theoretischen Betriebsstunden berechnet. Grundlage hierfür bilden die bereits in der Ertragsvorabschätzung verwendeten Winddaten der Wetterstation Nordholz (skaliert mit dem Faktor 0.891). Da nur die A- und k-Parameter vorliegen, jedoch keine Informationen über die Betriebsstunden, werden diese mit der nachfolgenden Formel berechnet:

$$t = e^{-\left(\frac{v}{A}\right)^k} * 8760h$$

mit t = Betriebsstunden

v = Einschaltwindgeschwindigkeit der WEA

Die so ermittelten Betriebsstunden werden dann über die Windrichtungsverteilung auf die Sektoren aufgeteilt.

Aus diesen Informationen berechnet die Software die Reduktion der ermittelten maximalen Schattenwurfzeiten und gibt die erwartete tatsächliche Beschattungsdauer pro Immissionspunkt in Stunden pro Jahr an.

Gemäß der Leitlinie für die optischen Emissionen von Windenergieanlagen [3] wird für jeden Immissionspunkt ein horizontal ausgerichteter Rezeptor mit einer Fläche von 0.1 * 0.1 m² in einer Höhe von 2.0 m über Grund angenommen. Es wird die Einstellung Gewächshausmodus verwendet, die keinerlei Verschattungen z.B. durch Gebäude oder Bewuchs beinhaltet. Diese Einstellung wird als konservativ angesehen.

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 Blatattiefe angenommen:

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

Falls keine Informationen über die Blatattiefe vorhanden sind, wird ein maximaler Beschattungsbereich von 2500 m angenommen.

Der Grenzwert für den zu berechnenden Schattenwurf ist bei einer Sonnenhöhe von 3° über dem Horizont erreicht. Als Referenzjahr wurde das Jahr 2021 gewählt.

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 berechnete wahrscheinliche Beschattungsdauer liegt der Grenzwert entsprechend niedriger bei 8 h/a. Dieser Wert entspricht dem Grenzwert, nach dessen Erreichen eine WEA 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 den Tab. 4 - Tab. 6 dargestellten Ergebnissen. Die detaillierten Ergebnisausdrucke des Programms windPRO zur Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung sind im Anhang C - Anhang E dargestellt.

4.1 Ergebnisse Zusatzbelastung

Die aufgrund der Zusatzbelastung (s. Tab. 1) entstehende Schattenwurfbelastung ist der Tab. 4 zu entnehmen. Die detaillierten Ergebnisausdrucke des Programms windPRO zur Zusatzbelastung sind im Anhang C dargestellt. Eine Karte mit den Isolinien der astronomisch maximal möglichen Beschattungsdauer ist im Anhang B zu finden.

Tab. 4: Ergebnisse Zusatzbelastung

IO Nr.	Berechnete jährliche Beschattungsdauer [worst case h/a]	Berechnete maximale Beschattungsdauer pro Tag [worst case h/d]	erwartete Beschattungsdauer („meteorologisch wahrscheinlich“, h/a)
IO01	34:28	00:35	7:22
IO02	43:16	00:44	4:54
IO03	90:23	00:48	22:12
IO04	98:28	01:00	21:02
IO05	133:19	01:06	17:17
IO06	121:22	00:59	17:54
IO07	203:43	01:40	46:31
IO08	231:33	01:49	30:45
IO09	199:17	02:16	23:36
IO10	183:44	01:42	22:35
IO11	173:14	01:42	20:29
IO12	40:56	00:40	4:14
IO13	140:36	01:15	32:26
IO14	164:43	01:19	36:17

Die jährlichen und täglichen empfohlenen Richtwerte der astronomisch maximal möglichen Beschattungsdauer werden aufgrund der Zusatzbelastung an allen hier untersuchten IO überschritten.

Bei Betrachtung der meteorologisch wahrscheinlichen Beschattungsdauer wird zusätzlich deutlich, dass eine Überschreitung der Grenzwerte für die tatsächliche Beschattungsdauer an elf der untersuchten IO zu erwarten ist.

4.2 Ergebnisse Vorbelastung

Die aufgrund der Vorbelastung (s. Tab. 2) entstehende Schattenwurfbelastung ist der Tab. 5 zu entnehmen. Die detaillierten Ergebnisse sind dem Anhang D zu entnehmen.

Tab. 5: Ergebnisse Vorbelastung

IO Nr.	Berechnete jährliche Beschattungsdauer [worst case h/a]	Berechnete maximale Beschattungsdauer pro Tag [worst case h/d]	erwartete Beschattungsdauer („meteorologisch wahrscheinlich“, h/a)
IO01	3:27	00:11	0:54
IO02	0:00	00:00	0:00
IO03	0:00	00:00	0:00
IO04	11:29	00:17	1:34
IO05	0:00	00:00	0:00
IO06	0:00	00:00	0:00
IO07	0:00	00:00	0:00
IO08	0:00	00:00	0:00
IO09	0:00	00:00	0:00
IO10	0:00	00:00	0:00
IO11	0:00	00:00	0:00
IO12	0:00	00:00	0:00
IO13	0:00	00:00	0:00
IO14	0:00	00:00	0:00

Die jährlichen und täglichen empfohlenen Richtwerte der astronomisch maximal möglichen Beschattungsdauer werden aufgrund der Vorbelastung an keinem IO überschritten.

Bei Betrachtung der meteorologisch wahrscheinlichen Beschattungsdauer wird zusätzlich deutlich, dass eine Überschreitung der Grenzwerte für die tatsächliche Beschattungsdauer ebenfalls an keinem IO zu erwarten ist.

Da für die an IO01 und 04 den Schattenwurf verursachenden WEA des Windparks Debstedt keine für den WEA-Typ spezifischen Blattparametern vorliegen, wurde für diese WEA konservativ mit einem Beschattungsbereich von 2500 m gerechnet. Dadurch wird die Beschattung aufgrund der Vorbelastung mit hoher Wahrscheinlichkeit überschätzt.

4.3 Ergebnisse Gesamtbelastung

Die aufgrund der Vor- und Zusatzbelastung (s. Tab. 1 und Tab. 2) entstehende Schattenwurfbelastung ist der Tab. 6 zu entnehmen. Die detaillierten Ergebnisse sind dem Anhang E zu entnehmen.

Tab. 6: Ergebnisse Gesamtbelastung

IP Nr.	Berechnete jährliche Beschattungsdauer [worst case h/a]	Berechnete maximale Beschattungsdauer pro Tag [worst case h/d]	erwartete Beschattungsdauer („meteorologisch wahrscheinlich“, h/a)
IO01	37:55	00:35	8:13
IO02	43:16	00:44	4:52
IO03	90:23	00:48	22:06
IO04	109:57	01:00	22:26
IO05	133:19	01:06	17:10
IO06	121:22	00:59	17:47
IO07	203:43	01:40	46:15
IO08	231:33	01:49	30:33
IO09	199:17	02:16	23:26
IO10	183:44	01:42	22:26
IO11	173:14	01:42	20:20
IO12	40:56	00:40	4:12
IO13	140:36	01:15	32:16
IO14	164:43	01:19	36:05

Die jährlichen und täglichen empfohlenen Richtwerte der astronomisch maximal möglichen Beschattungsdauer werden aufgrund der Gesamtbelastung an allen untersuchten IO überschritten.

Bei Betrachtung der meteorologisch wahrscheinlichen Beschattungsdauer wird zusätzlich deutlich, dass eine Überschreitung der Grenzwerte für die tatsächliche Beschattungsdauer an zwölf der untersuchten IO zu erwarten ist.

Des Weiteren fällt auf, dass die meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer der Gesamtbelastung teilweise leicht geringer ausfällt, als bei der Berechnung der Zusatzbelastung (s. IO02, 03 und 05 - 14). Dies ist zunächst nicht plausibel, da in der Gesamtbelastung insgesamt mehr WEA betrachtet werden als in der Zusatzbelastung und somit auch mehr WEA Schattenwurf an den IO erzeugen. Die Abweichungen sind jedoch in der Software windPRO begründet, da für die Berechnungen nicht die einzelnen Einschaltwindgeschwindigkeiten der betrachteten WEA berücksichtigt werden, sondern die gemittelten Einschaltwindgeschwindigkeiten aller WEA. Da sich diese bei den hier betrachteten Varianten der Zusatz- und der Gesamtbelastung unterscheiden, kommt es in den Ergebnissen zu nicht plausiblen Abweichungen, welche allerdings gering sind, sodass diese vernachlässigt werden können.

Um die Anforderungen der WEA-Schattenwurf-Hinweise des LAI [3] einzuhalten, wird die Installation einer Abschaltvorrichtung empfohlen, 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 IO herangezogen werden. Sie ist jedoch nicht geeignet, Schattenmodule hinsichtlich ihrer exakten Abschaltzeiten zu programmieren.

Genehmigung nach BImSchG erteilt unter Hinweis
auf den vorgehefteten Genehmigungsbescheid.

Geschäfts-
zeichen:

ImG 02 / 2023

Nebenbestimmungen sind dem Genehmigungs-
Bescheid zu entnehmen. Diese Prüfbemerkungen
sind bei der Errichtung und dem Betrieb der
Anlage zu beachten.

6 Literatur

- [1] Agatz, Monika, Windenergie-Handbuch, 17. Ausgabe: Dezember 2020
- [2] BUNDES-IMMISSIONSSCHUTZGESETZ in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 08. April 2019 (BGBl. I S. 432)
- [3] Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen, Aktualisierung 2019, Stand 23.01.2020, Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI)
- [4] Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, 03/2002, Sachinformation Optische Immissionen von Windenergieanlagen
- [5] windPRO, EMD International A/S, Software and Handbook, www.emd.dk
- [6] windPRO wiki: <https://help.emd.dk/mediawiki/index.php?title=SHADOW-Berechnung>

Anhang A Abkürzungsverzeichnis

BlmSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
DGM	Digitales Geländemodell
DIN	Deutsches Institut für Normung
GB	Gesamtbelastung
IEC	International Electrotechnical Commission (intern. Normungsgremium für Elektrotechnik)
IO / IP	Immissionsort / Immissionspunkt
ISO	Internationale Organisation für Normung
LAI	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz
NH	Nabenhöhe einer WEA
NN	Normalnull
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
USGS EROS Data Center	United States Geological Survey Earth Resources Observation and Science Data Center
UTM	Universale Transversale Mercatorprojektion
VB	Vorbelastung
WEA	Windenergieanlage(n)
WGS	World Geodetic System
ZB	Zusatzbelastung

Anhang B

Karte der Beschattungs-Isolinien (astronomisch max. möglich)

Geschäfts-
zeichen: **ImG 02 2023**

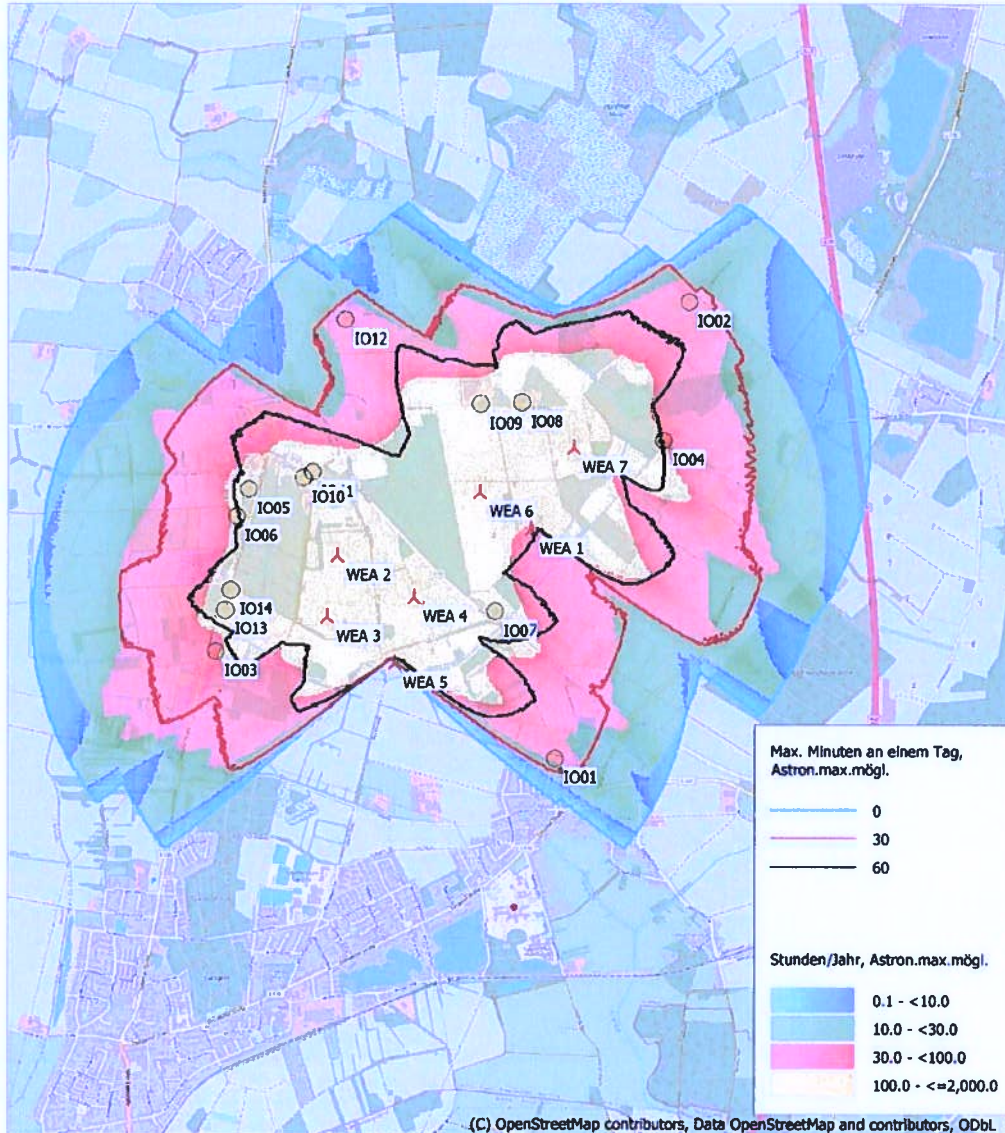
Projekt:
2023-01-Sievern

Nebenbestimmungen sind dem Genehmigungsbescheid zu entnehmen. Diese Prüfmerkmal sind bei der Errichtung und dem Betrieb Anlage zu beachten.

Lieferant/Anwender:
anemos GmbH für Umweltmeteorologie mbH
Böhmshofer Weg 3
DE-21391 Reppenstedt
49004131-8308-100
Lena Fleckel / lena.fleckel@anemos.de
Revised:
09.01.2023 14:51/3.6.355

SHADOW - Karte

Berechnung: 2023-01 Sievern ZB



0 500 1000 1500 2000 m
Karte: EMD OpenStreetMap, Maßstab 1:35,000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 475,610 Nord: 5,942,940
▲ Neue WEA ○ Schattenrezeptor
Höhe der Schattenkarte: Höhenlinien: oro_ensesie_50x50_5m_utm32.wpo (1)
Zeitschritt: 2 Minuten, Schrittweite: 3 Tag(e), Kartenauflösung: 10 m, Sichtbarkeit Auflösung: 5 m, Augenhöhe: 1.5 m

28. Feb. 2023



22-138-7022878-Rev.00:SW-LF

Genehmigung nach BImSchG erteilt unter Hinweis auf den vorgelegten Genehmigungsbescheid.

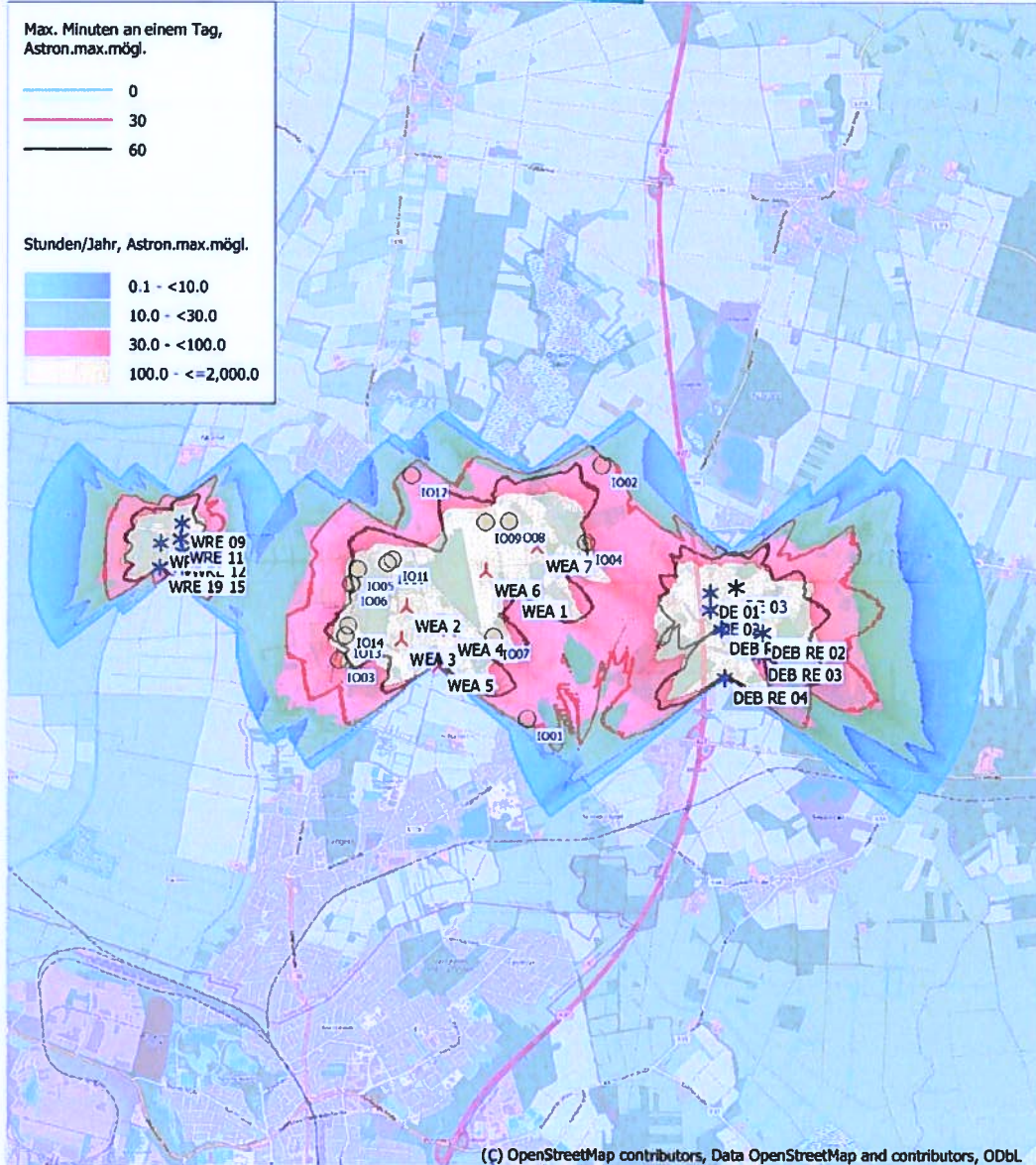
Geschäftszeichen: **ImG 02 2023**

Objekt: **2023-01-Sievern**

Nebenbestimmungen sind dem Genehmigungsbescheid zu entnehmen. Diese Prüfbemerkungen sind bei der Errichtung und dem Betrieb der **SHADOW-Karte** zu beachten.

Berechnung: 2023-01-Sievern GB

Kontaktanwender:
anemos GmbH für Umweltmeteorologie mbH
 Böhmsholzer Weg 3
 DE-21391 Reppenstedt
 49(0)4131-8308-100
 Lena Fieckel / lena.fieckel@anemos.de
 Berechnet:
 09.01.2023 16:19/3.6.355



(c) OpenStreetMap contributors, Data OpenStreetMap and contributors, ODbL

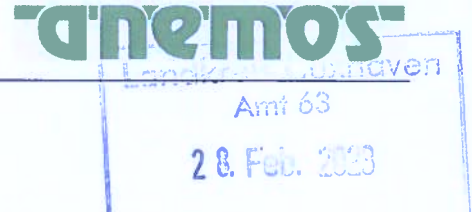
0 1000 2000 3000 4000 m

Karte: EMD OpenStreetMap, Maßstab 1:65,000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 475,870 Nord: 5,943,280

▲ Neue WEA * Existierende WEA ○ Schattenrezeptor

Höhe der Schattenkarte: Höhenlinien: oro_enesie_50x50_5m_utm32.wpo (1)

Zeitschritt: 2 Minuten, Schrittweite: 3 Tag(e), Kartenaufösung: 10 m, Sichtbarkeit Auflösung: 5 m, Augenhöhe: 1.5 m



Anhang C Zusatzbelastung - Detaillierte Ergebnisse windPRO

Projekt:
2023-01-Sievern

Lizenzierter Administrator:
anemos GmbH für Umweltmeteorologie mbH
Böhmsholzer Weg 3
DE-21391 Reppenstedt
49(0)4131-8308-100
Lena Fieckel / lena.fieckel@anemos.de
Berechnet:
09.01.2023 14:51/3.6.355

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: 2023-01 Sievern ZB
Annahmen für Schattenwurfberechnung

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 5 (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [BREMEN]
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez
1.53 2.81 3.16 5.42 7.18 5.91 6.09 6.01 4.64 3.11 1.99 1.07

Betriebsstunden ermittelt aus WEA in Berechnung und Windverteilung:
WS aus Weibul-Vorab

Betriebsdauer je Sektor
N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe
366 356 497 707 661 486 598 1,073 1,181 809 831 603 8,167
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_enesie_50x50_5m_utm32.wpo (1)
Rasterauflösung: 1.0 m

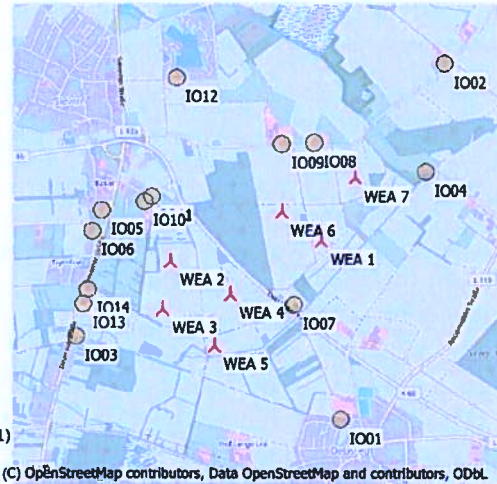
Alle Koordinatenangaben in:
UTM (north)-ETRS89 Zone: 32

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ	Aktu- ell	Hersteller	Typ	Nenn- leistung	Rotor- durch- messer	Naben- höhe	Schattendaten	Beschatt- Bereich	U/min
	[m]								[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]	
WEA 1	475,717	5,943,174	9.1	NORDEX N149/5.X 5700 149....	Ja	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.0	125.0	1,839	10.7		
WEA 2	474,514	5,943,015	7.5	NORDEX N149/5.X 5700 149....	Ja	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.0	125.0	1,839	10.7		
WEA 3	474,450	5,942,639	7.0	NORDEX N149/5.X 5700 149....	Ja	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.0	125.0	1,839	10.7		
WEA 4	474,989	5,942,752	11.9	NORDEX N149/5.X 5700 149....	Ja	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.0	125.0	1,839	10.7		
WEA 5	474,865	5,942,350	7.5	NORDEX N149/5.X 5700 149....	Ja	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.0	125.0	1,839	10.7		
WEA 6	475,402	5,943,407	10.2	NORDEX N149/5.X 5700 149....	Ja	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.0	125.0	1,839	10.7		
WEA 7	475,986	5,943,677	7.5	NORDEX N149/5.X 5700 149....	Ja	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.0	125.0	1,839	10.7		

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
IO01	Debstedt, Pistelberg 3	475,866	5,941,748	10.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO02	Sievern, Heidehof am Neuenwalder Weg	476,717	5,944,584	8.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO03	Langen, Sievermer Str. 179	473,748	5,942,419	3.9	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO04	Sievern, Blumenstr. 117 (Margarethenhof)	476,549	5,943,723	6.1	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO05	Sievern, Büttel 29	473,961	5,943,433	4.2	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO06	Sievern, Büttel 32	473,888	5,943,265	3.7	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO07	Sievern, Debstedter Kirchweg 169	475,497	5,942,663	10.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO08	Sievern, Neuenwalder Weg (Seemoorhof)	475,668	5,943,965	7.3	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO09	Sievern, Neuenwalder Weg 1	475,410	5,943,955	7.5	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO10	Sievern, Schaafrift 16	474,304	5,943,501	5.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO11	Sievern, Schaafrift 21	474,360	5,943,540	5.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO12	Sievern, Sievermer See 99	474,570	5,944,485	10.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO13	Sievern, Sievermer Str. 187	473,812	5,942,682	4.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO14	Sievern, Sievermer Str. 199	473,850	5,942,802	5.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0



Projekt:
2023-01-SievernLizenzierter Anwender:
anemos GmbH für Umweltmeteorologie mbH
Böhmsholzer Weg 3
DE-21391 Reppenstedt
49(0)4131-8308-100
Lena Fieckel / lena.fieckel@anemos.de
Berechnet:
09.01.2023 14:51/3.6.355**SHADOW - Hauptergebnis**

Berechnung: 2023-01 Sievern ZB

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]	
IO01	Debstedt, Pistelberg 3	34:28	74	0:35	7:22	
IO02	Sievern, Heidehof am Neuenwalder Weg	43:16	81	0:44	4:54	
IO03	Langen, Sieverner Str. 179	90:23	170	0:48	22:12	
IO04	Sievern, Blumenstr. 117 (Margarethenhof)	98:28	167	1:00	21:02	
IO05	Sievern, Büttel 29	133:19	195	1:06	17:17	
IO06	Sievern, Büttel 32	121:22	216	0:59	17:54	
IO07	Sievern, Debstedter Kirchweg 169	203:43	247	1:40	46:31	
IO08	Sievern, Neuenwalder Weg (Seemoorhof)	231:33	178	1:49	30:45	
IO09	Sievern, Neuenwalder Weg 1	199:17	157	2:16	23:36	
IO10	Sievern, Schaafdrift 16	183:44	195	1:42	22:35	
IO11	Sievern, Schaafdrift 21	173:14	186	1:42	20:29	
IO12	Sievern, Sieverner See 99	40:56	88	0:40	4:14	
IO13	Sievern, Sieverner Str. 187	140:36	209	1:15	32:26	
IO14	Sievern, Sieverner Str. 199	164:43	220	1:19	36:17	

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name		Maximal [h/a]	Erwartet [h/a]
WEA 2 NORDEX N149/S.X 5700 149.0 IOI NH: 125.0 m (Ges:199.5 m) (167)	423:09	71:28		
WEA 3 NORDEX N149/S.X 5700 149.0 IOI NH: 125.0 m (Ges:199.5 m) (168)	320:01	57:08		
WEA 4 NORDEX N149/S.X 5700 149.0 IOI NH: 125.0 m (Ges:199.5 m) (169)	262:48	51:16		
WEA 5 NORDEX N149/S.X 5700 149.0 IOI NH: 125.0 m (Ges:199.5 m) (170)	161:26	27:12		
WEA 6 NORDEX N149/S.X 5700 149.0 IOI NH: 125.0 m (Ges:199.5 m) (171)	266:21	35:56		
WEA 7 NORDEX N149/S.X 5700 149.0 IOI NH: 125.0 m (Ges:199.5 m) (172)	261:12	44:54		

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.

Die Berechnung der Gesamtsomme für einen Rezeptor arbeitet mit einer gemittelten Richtungskorrektur für alle WEA, die an einem gegebenen Tag zur Beschattung beitragen. Wenn der Schattenwurf durch mehrere WEA an einem Tag nicht gleichzeitig stattfindet, kann die so ermittelte Summe geringfügig von der Summe der Beschattungsreiten abweichen, die für die individuellen WEA berechnet werden.

Anhang D Vorbelastung - Detaillierte Ergebnisse windPRO

Projekt:
2023-01-Sievern

Lizenzierter Anwender:
anemos GmbH für Umweltmeteorologie mbH
Böhmsholzer Weg 3
DE-21391 Reppenstedt
49(0)4131-8308-100
Lena Fleckel / lena.fleckel@anemos.de
Kontakt:
09.01.2023 15:25/3.6.355

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: 2023-01 Sievern VB
Annahmen für Schattenwurfberechnung

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

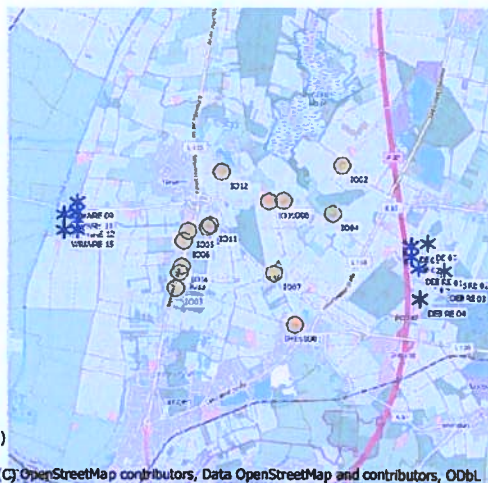
Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [BREMEN]
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez
1.53 2.81 3.16 5.42 7.18 5.91 6.09 6.01 4.64 3.11 1.99 1.07

Betriebsstunden ermittelt aus WEA in Berechnung und Windverteilung:
WS aus Webul-Vorab

Betriebsdauer je Sektor
N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe
366 355 496 701 653 483 574 1,061 1,172 804 824 600 8,088
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_enesie_50x50_5m_utm32.wpo (1)
Rasterauflösung: 1.0 m

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



WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung [kW]	Rotor-durch-messer [m]	Naben-höhe [m]	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt-Bereich [m]	U/min [U/min]
DE 01	477,941	5,943,149	15.0	ANBONUS AN 1...	Nein	ANBONUS	AN 1MW / 54-1,000/200	1,000	54.0	60.0	2,500	22.0
DE 02	477,940	5,942,964	15.8	ANBONUS AN 1...	Nein	ANBONUS	AN 1MW / 54-1,000/200	1,000	54.0	60.0	2,500	22.0
DE 03	478,235	5,943,209	14.7	ANBONUS AN 1...	Nein	ANBONUS	AN 1MW / 54-1,000/200	1,000	54.0	60.0	2,500	22.0
DEB RE 01	478,064	5,942,747	16.3	GAMESA G128 4...	Ja	GAMESA	G128-4,500	4,500	128.0	120.0	2,500	12.0
DEB RE 02	478,522	5,942,712	15.0	GAMESA G128 4...	Ja	GAMESA	G128-4,500	4,500	128.0	120.0	2,500	12.0
DEB RE 03	478,473	5,942,459	14.9	GAMESA G128 4...	Ja	GAMESA	G128-4,500	4,500	128.0	120.0	2,500	12.0
DEB RE 04	478,100	5,942,200	16.0	GAMESA G128 4...	Ja	GAMESA	G128-4,500	4,500	128.0	120.0	2,500	12.0
WRE 09	471,986	5,943,968	1.3	ENERCON E-40/...	Nein	ENERCON	E-40/6,44-600	600	44.0	48.6	837	34.5
WRE 11	471,974	5,943,779	1.3	ENERCON E-40/...	Nein	ENERCON	E-40/6,44-600	600	44.0	48.6	837	34.5
WRE 12	471,990	5,943,633	1.3	ENERCON E-40/...	Nein	ENERCON	E-40/6,44-600	600	44.0	48.6	837	34.5
WRE 15	471,983	5,943,467	1.3	ENERCON E-40/...	Nein	ENERCON	E-40/6,44-600	600	44.0	48.6	837	34.5
WRE 19	471,729	5,943,469	1.3	REpower MM 82...	Nein	REpower	MM 82-2,050	2,050	82.0	59.0	1,447	17.3
WRE 20	471,738	5,943,739	1.3	REpower MM 82...	Nein	REpower	MM 82-2,050	2,050	82.0	59.0	1,447	17.3

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite [m]	Höhe [m]	Höhe ü.Gr. [m]	Neigung des Fensters [°]	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr. [m]
IO02	Sievern, Heldehof am Neuenwalder Weg	476,717	5,944,584	8.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO03	Langen, Sieverner Str. 179	473,748	5,942,419	3.9	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO04	Sievern, Blumenstr. 117 (Margarethenhof)	476,549	5,943,723	6.1	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO05	Sievern, Büttel 29	473,961	5,943,433	4.2	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO06	Sievern, Büttel 32	473,888	5,943,265	3.7	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO07	Sievern, Debstedter Kirchweg 169	475,497	5,942,663	10.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO08	Sievern, Neuenwalder Weg (Seemoorhof)	475,668	5,943,965	7.3	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO09	Sievern, Neuenwalder Weg 1	475,410	5,943,955	7.5	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO10	Sievern, Schaafrift 16	474,304	5,943,501	5.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO11	Sievern, Schaafrift 21	474,360	5,943,540	5.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO12	Sievern, Sieverner See 99	474,570	5,944,485	10.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO13	Sievern, Sieverner Str. 187	473,812	5,942,682	4.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO14	Sievern, Sieverner Str. 199	473,850	5,942,802	5.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0

Projekt:

2023-01-Sievern

Klient/er Anwender:

anemos GmbH für Umweltmeteorologie mbH

Böhmsholzer Weg 3

DE 21391 Reppenstedt

49(0)4131-8308-100

Lena Fleckel / lena.fleckel@anemos.de

Berechnet:

09.01.2023 15:25/3.6.355

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: 2023-01 Sievern VB

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]	
IO01	Debstedt, Pistelberg 3	3:27	31	0:11	0:54	
IO02	Sievern, Heidehof am Neuenwalder Weg	0:00	0	0:00	0:00	
IO03	Langen, Sieverner Str. 179	0:00	0	0:00	0:00	
IO04	Sievern, Blumenstr. 117 (Margarethenhof)	11:29	73	0:17	1:34	
IO05	Sievern, Büttel 29	0:00	0	0:00	0:00	
IO06	Sievern, Büttel 32	0:00	0	0:00	0:00	
IO07	Sievern, Debstedter Kirchweg 169	0:00	0	0:00	0:00	
IO08	Sievern, Neuenwalder Weg (Seemoorhof)	0:00	0	0:00	0:00	
IO09	Sievern, Neuenwalder Weg 1	0:00	0	0:00	0:00	
IO10	Sievern, Schaafdrift 16	0:00	0	0:00	0:00	
IO11	Sievern, Schaafdrift 21	0:00	0	0:00	0:00	
IO12	Sievern, Sieverner See 99	0:00	0	0:00	0:00	
IO13	Sievern, Sieverner Str. 187	0:00	0	0:00	0:00	
IO14	Sievern, Sieverner Str. 199	0:00	0	0:00	0:00	

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal [h/a]	Erwartet [h/a]
DE 02	ANBONUS AN 1MW / 54 1000-200 54.0 !O! NH: 60.0 m (Ges:87.0 m) (78)	0:13	0:02
DE 03	ANBONUS AN 1MW / 54 1000-200 54.0 !O! NH: 60.0 m (Ges:87.0 m) (79)	0:00	0:00
DEB RE 01	GAMESA G128 4500 128.0 !O! NH: 120.0 m (Ges:184.0 m) (80)	6:24	1:11
DEB RE 02	GAMESA G128 4500 128.0 !O! NH: 120.0 m (Ges:184.0 m) (81)	2:05	0:20
DEB RE 03	GAMESA G128 4500 128.0 !O! NH: 120.0 m (Ges:184.0 m) (82)	2:01	0:17
DEB RE 04	GAMESA G128 4500 128.0 !O! NH: 120.0 m (Ges:184.0 m) (83)	6:01	0:52
WRE 09	ENERCON E-40/6.44 600 44.0 !O! NH: 48.6 m (Ges:70.6 m) (65)	0:00	0:00
WRE 11	ENERCON E-40/6.44 600 44.0 !O! NH: 48.6 m (Ges:70.6 m) (67)	0:00	0:00
WRE 12	ENERCON E-40/6.44 600 44.0 !O! NH: 48.6 m (Ges:70.6 m) (68)	0:00	0:00
WRE 15	ENERCON E-40/6.44 600 44.0 !O! NH: 48.6 m (Ges:70.6 m) (71)	0:00	0:00
WRE 19	REpower MM 82 2050 82.0 !O! NH: 59.0 m (Ges:100.0 m) (75)	0:00	0:00
WRE 20	REpower MM 82 2050 82.0 !O! NH: 59.0 m (Ges:100.0 m) (76)	0:00	0:00

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.

Die Berechnung der Gesamtsumme für einen Rezeptor arbeitet mit einer gemittelten Richtungskorrektur für alle WEA, die an einem gegebenen Tag zur Beschattung beitragen. Wenn der Schattenwurf durch mehrere WEA an einem Tag nicht gleichzeitig stattfindet, kann die so ermittelte Summe geringfügig von der Summe der Beschattungszeiten abweichen, die für die individuellen WEA berechnet werden.

Anhang E Gesamtbelastung - Detaillierte Ergebnisse windPRO

Projekt:
2023-01-Sievern

Lizenzierter Anwender:
anemos GmbH für Umweltmeteorologie mbH
Böhmsholzer Weg 3
DE-21391 Reppenstedt
49(0)4131-8308-100
Lena Fieckel / lena.fieckel@anemos.de
Berechnet:
09.01.2023 16:19/3.6.355

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: 2023-01 Sievern GB
Annahmen für Schattenwurfberechnung

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

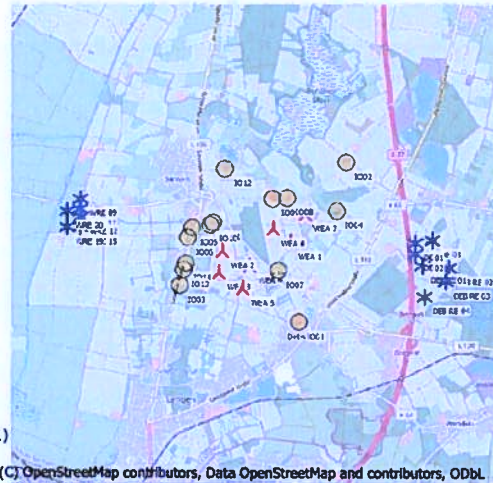
Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [BREMEN]
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez
1.53 2.81 3.16 5.42 7.18 5.91 6.09 6.01 4.64 3.11 1.99 1.07

Betriebsstunden ermittelt aus WEA in Berechnung und Windverteilung:
WS aus Weibul-Vorab

Betriebsdauer je Sektor
N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe
366 355 496 703 656 484 583 1,065 1,175 806 826 601 8,116
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_ensesie_50x50_5m_utm32.wpo (1)
Rasterauflösung: 1.0 m

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



WEA

WEA	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schattendaten	
					Ak-tuell	Hersteller	Typ				Beschatt-Bereich	U/min
DE 01	477,941	5,943,149	15.0	ANBONUS AN 1...	Nein	ANBONUS	AN 1MW / 54-1,000/200	1,000	54.0	60.0	2,500	22.0
DE 02	477,940	5,942,964	15.8	ANBONUS AN 1...	Nein	ANBONUS	AN 1MW / 54-1,000/200	1,000	54.0	60.0	2,500	22.0
DE 03	478,235	5,943,209	14.7	ANBONUS AN 1...	Nein	ANBONUS	AN 1MW / 54-1,000/200	1,000	54.0	60.0	2,500	22.0
DEB RE 01	478,064	5,942,747	16.3	GAMESA G128 4...	Ja	GAMESA	G128-4,500	4,500	128.0	120.0	2,500	12.0
DEB RE 02	478,522	5,942,712	15.0	GAMESA G128 4...	Ja	GAMESA	G128-4,500	4,500	128.0	120.0	2,500	12.0
DEB RE 03	478,473	5,942,459	14.9	GAMESA G128 4...	Ja	GAMESA	G128-4,500	4,500	128.0	120.0	2,500	12.0
DEB RE 04	478,100	5,942,200	16.0	GAMESA G128 4...	Ja	GAMESA	G128-4,500	4,500	128.0	120.0	2,500	12.0
WEA 1	475,717	5,943,174	9.1	NORDEX N149/5...	Ja	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.0	125.0	1,839	10.7
WEA 2	474,514	5,943,015	7.5	NORDEX N149/5...	Ja	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.0	125.0	1,839	10.7
WEA 3	474,450	5,942,639	7.0	NORDEX N149/5...	Ja	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.0	125.0	1,839	10.7
WEA 4	474,989	5,942,752	11.9	NORDEX N149/5...	Ja	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.0	125.0	1,839	10.7
WEA 5	474,865	5,942,350	7.5	NORDEX N149/5...	Ja	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.0	125.0	1,839	10.7
WEA 6	475,402	5,943,407	10.2	NORDEX N149/5...	Ja	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.0	125.0	1,839	10.7
WEA 7	475,986	5,943,677	7.5	NORDEX N149/5...	Ja	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.0	125.0	1,839	10.7
WRE 09	471,986	5,943,968	1.3	ENERCON E-40/...	Nein	ENERCON	E-40/6.44-600	600	44.0	48.6	837	34.5
WRE 11	471,974	5,943,779	1.3	ENERCON E-40/...	Nein	ENERCON	E-40/6.44-600	600	44.0	48.6	837	34.5
WRE 12	471,990	5,943,633	1.3	ENERCON E-40/...	Nein	ENERCON	E-40/6.44-600	600	44.0	48.6	837	34.5
WRE 15	471,983	5,943,467	1.3	ENERCON E-40/...	Nein	ENERCON	E-40/6.44-600	600	44.0	48.6	837	34.5
WRE 19	471,729	5,943,469	1.3	REpower MM 82...	Nein	REpower	MM 82-2,050	2,050	82.0	59.0	1,447	17.3
WRE 20	471,738	5,943,739	1.3	REpower MM 82...	Nein	REpower	MM 82-2,050	2,050	82.0	59.0	1,447	17.3

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
IO01	Debstedt, Pistelberg 3	475,866	5,941,748	10.0	[m]	[m]	[m]	[°]	"Gewächshaus-Modus"	[m]
IO02	Sievern, Heldehof am Neuenwalder Weg	476,717	5,944,584	8.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO03	Langen, Sieverner Str. 179	473,748	5,942,419	3.9	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO04	Sievern, Blumenstr. 117 (Margarethenhof)	476,549	5,943,723	6.1	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO05	Sievern, Blütel 29	473,961	5,943,433	4.2	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:
2023-01-Sievern

Kontakt-Anwender:
anemos GmbH für Umweltmeteorologie mbH
Böhmsholzer Weg 3
DE-21391 Reppenstedt
49(0)4131 8308-100
Lena Fieckel / lena.fieckel@anemos.de
Berechnet
09.01.2023 16:19/3.6.355

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: 2023-01 Sievern GB

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr. [m]
IO06	Sievern, Büttel 32	473,888	5,943,265	3.7	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO07	Sievern, Debstedter Kirchweg 169	475,497	5,942,663	10.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO08	Sievern, Neuenwalder Weg (Seemoorhof)	475,668	5,943,965	7.3	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO09	Sievern, Neuenwalder Weg 1	475,410	5,943,955	7.5	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO10	Sievern, Schaafdrift 16	474,304	5,943,501	5.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO11	Sievern, Schaafdrift 21	474,360	5,943,540	5.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO12	Sievern, Sieverner See 99	474,570	5,944,485	10.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO13	Sievern, Sieverner Str. 187	473,812	5,942,682	4.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO14	Sievern, Sieverner Str. 199	473,850	5,942,802	5.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0

Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattungsdauer	
		Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr	Max. Schattendauer/Tag	Stunden/Jahr	[h/d]
IO01	Debstedt, Pistelberg 3	37:55	105	0:35	8:13	
IO02	Sievern, Heldehof am Neuenwalder Weg	43:16	81	0:44	4:52	
IO03	Langen, Sieverner Str. 179	90:23	170	0:48	22:06	
IO04	Sievern, Blumenstr. 117 (Margarethenhof)	109:57	198	1:00	22:26	
IO05	Sievern, Büttel 29	133:19	195	1:06	17:10	
IO06	Sievern, Büttel 32	121:22	216	0:59	17:47	
IO07	Sievern, Debstedter Kirchweg 169	203:43	247	1:40	46:15	
IO08	Sievern, Neuenwalder Weg (Seemoorhof)	231:33	178	1:49	30:33	
IO09	Sievern, Neuenwalder Weg 1	199:17	157	2:16	23:26	
IO10	Sievern, Schaafdrift 16	183:44	195	1:42	22:26	
IO11	Sievern, Schaafdrift 21	173:14	186	1:42	20:20	
IO12	Sievern, Sieverner See 99	40:56	88	0:40	4:12	
IO13	Sievern, Sieverner Str. 187	140:36	209	1:15	32:16	
IO14	Sievern, Sieverner Str. 199	164:43	220	1:19	36:05	

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal	Erwartet
DE 01	ANBONUS AN 1MW / 54 1000-200 54.0 IOI NH: 60.0 m (Ges:87.0 m) (77)	0:19	0:03
DE 02	ANBONUS AN 1MW / 54 1000-200 54.0 IOI NH: 60.0 m (Ges:87.0 m) (78)	0:13	0:02
DE 03	ANBONUS AN 1MW / 54 1000-200 54.0 IOI NH: 60.0 m (Ges:87.0 m) (79)	0:00	0:00
DEB RE 01	GAMESA G128 4500 128.0 IOI NH: 120.0 m (Ges:184.0 m) (80)	6:24	1:11
DEB RE 02	GAMESA G128 4500 128.0 IOI NH: 120.0 m (Ges:184.0 m) (81)	2:05	0:20
DEB RE 03	GAMESA G128 4500 128.0 IOI NH: 120.0 m (Ges:184.0 m) (82)	2:01	0:17
DEB RE 04	GAMESA G128 4500 128.0 IOI NH: 120.0 m (Ges:184.0 m) (83)	6:01	0:52
WEA 1	NORDEX N149/5.X 5700 149.0 IOI NH: 125.0 m (Ges:199.5 m) (166)	112:49	13:57
WEA 2	NORDEX N149/5.X 5700 149.0 IOI NH: 125.0 m (Ges:199.5 m) (167)	423:09	71:03
WEA 3	NORDEX N149/5.X 5700 149.0 IOI NH: 125.0 m (Ges:199.5 m) (168)	320:01	56:48
WEA 4	NORDEX N149/5.X 5700 149.0 IOI NH: 125.0 m (Ges:199.5 m) (169)	262:48	50:58
WEA 5	NORDEX N149/5.X 5700 149.0 IOI NH: 125.0 m (Ges:199.5 m) (170)	161:26	27:02
WEA 6	NORDEX N149/5.X 5700 149.0 IOI NH: 125.0 m (Ges:199.5 m) (171)	266:21	35:43
WEA 7	NORDEX N149/5.X 5700 149.0 IOI NH: 125.0 m (Ges:199.5 m) (172)	261:12	44:37
WRE 09	ENERCON E-40/6.44 600 44.0 IOI NH: 48.6 m (Ges:70.6 m) (65)	0:00	0:00
WRE 11	ENERCON E-40/6.44 600 44.0 IOI NH: 48.6 m (Ges:70.6 m) (67)	0:00	0:00
WRE 12	ENERCON E-40/6.44 600 44.0 IOI NH: 48.6 m (Ges:70.6 m) (68)	0:00	0:00
WRE 15	ENERCON E-40/6.44 600 44.0 IOI NH: 48.6 m (Ges:70.6 m) (71)	0:00	0:00
WRE 19	REpower MM 82 2050 82.0 IOI NH: 59.0 m (Ges:100.0 m) (75)	0:00	0:00
WRE 20	REpower MM 82 2050 82.0 IOI NH: 59.0 m (Ges:100.0 m) (76)	0:00	0:00

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.

Die Berechnung der Gesamtsumme für einen Rezeptor arbeitet mit einer gemittelten Richtungskorrektur für alle WEA, die an einem gegebenen Tag zur Beschattung beitragen. Wenn der Schattenwurf durch mehrere WEA an einem Tag nicht gleichzeitig stattfindet, kann die so ermittelte Summe geringfügig von der Summe der Beschattungszeiten abweichen, die für die individuellen WEA berechnet werden.

Anhang F Beschattungs-Kalender

Diese und weitere detaillierte Ergebnisse finden sich im gesonderten Dokument „2023-01-Anhang Schattenwurfkalender_zu_22-138-7022878-Rev.00-SW-LF“.

Genehmigung nach BImSchG erteilt unter Hinweis
auf den vorgehefteten Genehmigungsbescheid.

Geschäfts- **ImG 02 2023**
zeichen:

Nebenbestimmungen sind dem Genehmigungs-
Bescheid zu entnehmen. Diese Prüfbemerkungen
sind bei der Errichtung und dem Betrieb der
Anlage zu beachten.