

**Bestimmung des Schattenwurfes durch zwei Windenergieanlagen  
am Standort Emsdetten RPP**

**Auftraggeber:** Eurowind Energy GmbH  
Stahlwiete 21a  
22761 Hamburg  
Deutschland

**Standort:** Emsdetten RPP, Nordrhein-Westfalen

**Berichts-Nr.:** 23-423-7230940-Rev.00-SW-LF

**Art des Berichtes:** Schattenwurfberechnung

**Datum:** 07.03.2024

## Bestimmung des Schattenwurfes durch zwei Windenergieanlagen am Standort Emsdetten RPP

### -Prüfbericht-

Für dieses Projekt ausgestellte Dokumente hinsichtlich der Schattenwurfberechnung:

Berichtsnummer	Datum	Titel	Inhaltliche Änderungen
23-423-7230940-Rev.00-SW-LF	07.03.2024	Bestimmung des Schattenwurfes durch zwei Windenergieanlagen am Standort Emsdetten RPP	Erstbericht Schattenwurfberechnung

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 07.03.2024

verantwortlicher Bearbeiter



Lena Fieckel  
Meteorologie M.Sc.  
Senior Consultant

geprüft



Julia Blanke  
Dipl.-Meteorologin  
Senior Consultant

freigegeben



Lasse Blanke  
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 29 Seiten.

**Inhaltsverzeichnis****Seite**

<b>1</b>	<b>Vorbemerkungen .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Standort und Lagebeschreibung.....</b>	<b>6</b>
2.1	Zusatzbelastung.....	6
2.2	Vorbelastung .....	6
2.3	Immissionsorte .....	8
2.4	Standortbesichtigung.....	10
<b>3</b>	<b>Berechnungen.....</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>12</b>
4.1	Ergebnisse Zusatzbelastung.....	12
4.2	Ergebnisse Vorbelastung .....	13
4.3	Ergebnisse Gesamtbelastung .....	14
<b>5</b>	<b>Unsicherheiten .....</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>16</b>
<b>Anhang A</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>17</b>
<b>Anhang B</b>	<b>Karte der astr. max. möglichen Beschattungsdauer .....</b>	<b>18</b>
<b>Anhang C</b>	<b>Zusatzbelastung - Detaillierte Ergebnisse windPRO .....</b>	<b>21</b>
<b>Anhang D</b>	<b>Vorbelastung - Detaillierte Ergebnisse windPRO.....</b>	<b>23</b>
<b>Anhang E</b>	<b>Gesamtbelastung - Detaillierte Ergebnisse windPRO .....</b>	<b>26</b>
<b>Anhang F</b>	<b>Beschattungs-Kalender.....</b>	<b>29</b>

## 1 Vorbemerkungen

Die anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH wurde am 26.07.2023 von der Eurowind Energy GmbH beauftragt, die Belastung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen (WEA) am Standort Emsdetten RPP, Nordrhein-Westfalen abzuschätzen. Das geplante Layout wurde am 09.02.2024 vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

Zur Berechnung des Schattenwurfes wird das Programm windPRO (Version 4.0) der Firma EMD International A/S, Aalborg, Dänemark verwendet [5]. Die zugrunde gelegten Eckdaten der verschiedenen WEA wurden der in windPRO integrierten Datenbank bzw. den Herstellerdokumenten entnommen. Die Koordinaten der geplanten WEA wurden vom Auftraggeber übermittelt.

Die Ergebnisse basieren wo genannt auf vom Auftraggeber, Anlagenhersteller oder Behörden zur Verfügung gestellten Angaben zum Standort, Betriebsverhalten der Windenergieanlagen und Informationen zu der bestehenden oder sich im Genehmigungsverfahren befindlichen Vorbelastung. Die Daten und Informationen, die nicht von der anemos GmbH gemessen, erhoben und verarbeitet wurden, haben dennoch eine Auswirkung auf das Ergebnis und gelten wie erhalten.

Im gesamten Dokument wird ein Punkt als Dezimaltrennzeichen verwendet. Die im Gutachten aufgeführten Zahlen können gerundet angegeben sein. Alle Ergebnisse und Zwischenergebnisse werden jedoch ungerundet verrechnet. Es kann daher vorkommen, dass einige Ergebnisse mit den im Gutachten angegebenen Zahlenwerten nicht exakt nachgerechnet werden können.

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 Emsdetten RPP, Nordrhein-Westfalen gültig.

## 2 Standort und Lagebeschreibung

Der geplante Windpark befindet sich im Westen Deutschlands, etwa 28 km nordwestlich der Stadt Münster und etwa 6 km nordöstlich der Ortschaft Emsdetten in Nordrhein-Westfalen. Eine detaillierte Übersichtskarte der Vor- und Zusatzbelastung sowie der berücksichtigten Immissionsorte (IO) befindet sich in Abb. 1.

Die unmittelbare Umgebung der geplanten WEA-Standorte wird durch offenes Areal gebildet. 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.

Die Geländehöhen wurden dem DGM5 der Geobasis NRW, bezogen über windPRO, entnommen (© Geobasis NRW, dl-de/by-2-0). Für dieses Projekt wurden Daten mit einer räumlichen Auflösung von 5 m und einer vertikalen Auflösung von 2.5 m verwendet.

### 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]
EWE 01	402850	5786020	45	Vestas V162	7200	169	4.32*	1.69*
EWE 02	402975	5785694	45					

\* Quelle: Hersteller, 0030-2627.V15, 16.06.2022

### 2.2 Vorbelastung

Die UTM-Koordinaten (ETRS89, Zone 32) für die Vorbelastung sind in Tab. 2 angegeben. Als Vorbelastung werden alle bestehenden oder sich im Genehmigungsverfahren befindlichen WEA im Umkreis der geplanten WEA angesehen. Diese Informationen wurden dem Auftraggeber vom Umweltamt des Kreises Steinfurt am 09.08.2023 zur Verfügung gestellt und an die anemos GmbH weitergeleitet. Am 26.02.2024 wurden diese Informationen aktualisiert.

Tab. 2: Koordinaten der Vorbelastung

WEA	Rechtswert	Hochwert	Höhe ü. NN [m]	WEA-Typ	Nennleistung [kW]	NH [m]
BEP_A	405347	5784651	45	Enercon E-101	3000	149
BEP_B	405504	5784367	45			
BEP_C	405612	5784063	45			
BEP_D	405701	5784857	45			
BEP_E	405848	5784588	45			
BEP_F	406086	5784156	45			
BEP_G	406350	5783979	45			

WEA	Rechtswert	Hochwert	Höhe ü. NN [m]	WEA-Typ	Nennleistung [kW]	NH [m]
BGB01	402121	5785677	45	Südwind S-70	1500	98
BGB02	402401	5785881	45			
BWPE_01	403209	5786261	45	General Electrics GE2.5-120	2500	139
BWPE_02	402861	5786409	45			
BWPE_03	402686	5786732	45			
BWPE_04	403602	5786567	45			
BWPE_05	403254	5786761	45			110
BWPE_06	403031	5786993	45			
BWPE_07	401904	5786674	45			139
BWPE_08	401383	5786538	44			
ED12	402835	5785136	45	Nordex N149/5.X	5700	164
ED13	402825	5784638	45			
EV01	401551	5786139	42	Enercon E-82	2000	108.4
HL01	404054	5787896	45	Enercon E-141 EP4	4200	159
HL02	404366	5788453	45			
HL03	404212	5787502	45			
HL04	404950	5788188	45			
HL05	404783	5787461	45			
HL06	405282	5787793	45			
HL07	405059	5787130	45			
HL08	403856	5788580	45			
HL09	403427	5788850	45			
S01	403731	5786158	45	Enercon E-101	3000	149
S02	403538	5785720	45	Enercon E-115		
S03	403318	5785343	45			
S04	403255	5784798	45			
S05	403833	5785317	45			
S06	403571	5785021	45			
SM01	404777	5784751	45	Enercon E-175 EP5	6000	162
SM02	404620	5784174	45			
SM03	404509	5783785	45			
SM04	404389	5783402	45			
SM05	404490	5783023	45			
SM06	405091	5783593	45			
SM07	405419	5783389	45			
UPEG01	402743	5785455	45	Vestas V80	2000	100
UPEG02	402391	5785577	45			
UPEG03	402405	5786176	45			

WEA	Rechtswert	Hochwert	Höhe ü. NN [m]	WEA-Typ	Nennleistung [kW]	NH [m]
UPEG04	402219	5786458	45	Vestas V80	2000	100
UPEG05	401852	5786326	43			
UPEG06	401794	5785960	43			

### 2.3 Immissionsorte

Die zu beurteilenden IO befinden sich in einer Entfernung von ca. 1000 m bis etwa 1900 m im Umkreis der geplanten WEA. Die IO wurden anhand von Kartenmaterial und Luftbildern ermittelt. Es wurden alle für den Schattenwurf relevanten Gebäude im Beschattungsbereich der geplanten WEA als IO aufgenommen.

Die UTM-Koordinaten (UTM, ETRS89, Zone 32) und Adressen sind in Tab. 3 angegeben.

Tab. 3: Berücksichtigte IO

IO	Bezeichnung / Adresse	Rechtswert	Hochwert	Höhe ü. NN (m)
IO01	Elte, Zur Falkenburg 77	401742	5787462	45
IO02	Elte, Zur Falkenburg 79	401747	5787521	45
IO03	Elte, Zur Falkenburg 84	401778	5787387	45
IO04	Emsdetten, Veltrup 10	401775	5784869	40
IO05	Emsdetten, Veltrup 11	401683	5785108	44
IO06	Emsdetten, Veltrup 12	401311	5785162	37
IO07	Emsdetten, Veltrup 12a	401209	5785226	36
IO08	Emsdetten, Veltrup 13	401357	5784817	35
IO09	Emsdetten, Veltrup 13a	401405	5784787	35
IO10	Emsdetten, Veltrup 2a	401250	5785850	45
IO11	Emsdetten, Veltrup 3	401221	5785735	45
IO12	Emsdetten, Veltrup 4	401413	5785674	45
IO13	Emsdetten, Veltrup 5	401535	5785606	45
IO14	Emsdetten, Veltrup 6	401624	5785466	45
IO15	Emsdetten, Veltrup 7	402094	5785140	45
IO16	Hörstel, Jacksonweg 215	404407	5786837	45



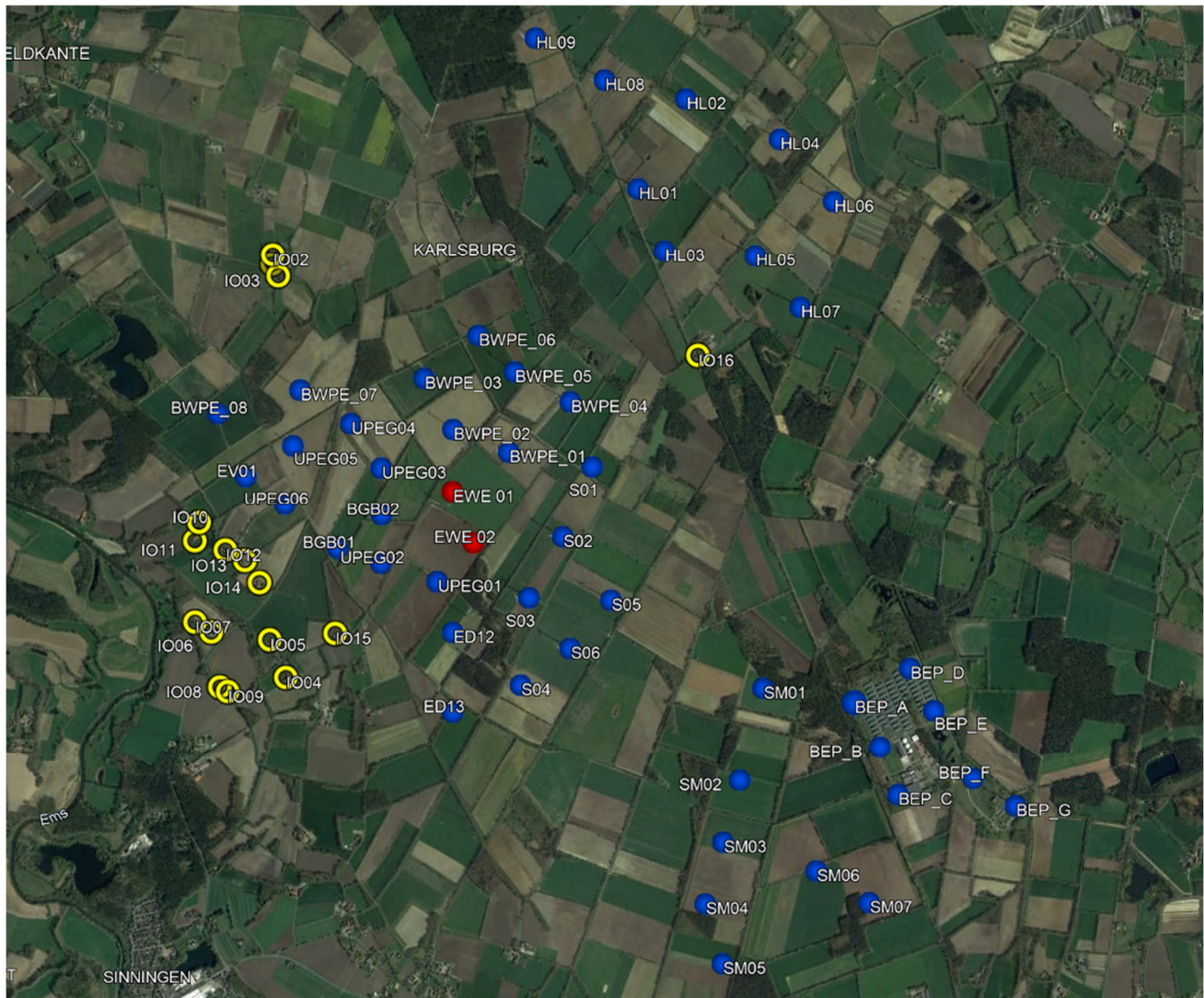


Abb. 1: Lageplan des beurteilten Standortes, rot: Neuplanung, blau: Vorbelastung, gelb: IO, Quelle: Google Earth Pro.

## 2.4 Standortbesichtigung

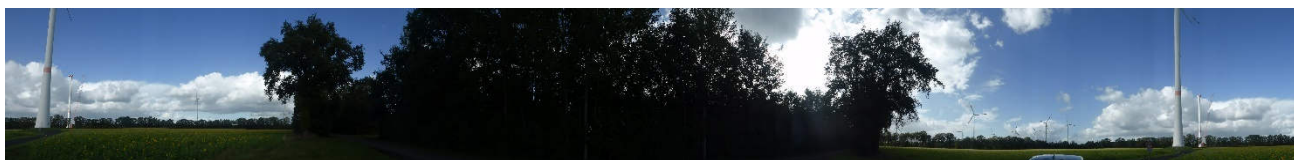
Die Standortbesichtigung wurde am 14.10.2023 von der Mitarbeiterin der anemos GmbH Frau Daria Shepeleva durchgeführt.

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 südwestlich (Abb. 2) und nordöstlich (Abb. 3) der geplanten WEA aufgenommen.



*Abb. 2: Standortumgebung 360° südwestlich der geplanten WEA.*



*Abb. 3: Standortumgebung 360° nordöstlich der geplanten WEA.*

### 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 Osnabrück, aus windPRO entnommen) verwendet. Weiterhin werden pro Windrichtungssektor die theoretischen Betriebsstunden berechnet. Grundlage hierfür bilden die bereits in der Windvorabschätzung 23-423-7230944-Rev.00-WV-IM (14.08.2023) verwendeten Winddaten des anemos Windatlas D-3km.E5. 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 m<sup>2</sup> 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 Länderausschuss für Immissionsschutz zugrunde gelegte mittlere Blatttiefe angenommen:

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

Falls keine Informationen über die Blatttiefe 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 2023 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	14:34	00:22	01:06
IO02	10:26	00:20	00:46
IO03	17:57	00:24	01:23
IO04	0:16	00:04	00:03
<b>IO05</b>	<b>31:22</b>	00:28	<b>08:02</b>
<b>IO06</b>	<b>32:09</b>	00:23	<b>08:12</b>
IO07	25:43	00:22	06:45
IO08	21:28	00:22	05:21
IO09	19:18	00:23	04:42
IO10	17:14	00:23	03:44
IO11	17:09	00:23	03:57
IO12	23:12	00:26	05:37
IO13	29:48	00:28	07:37
<b>IO14</b>	<b>48:59</b>	00:30	<b>12:25</b>
IO15	7:00	00:20	01:37
IO16	19:21	00:22	03:06

Die jährlichen bzw. täglichen empfohlenen Richtwerte der astronomisch maximal möglichen Beschattungsdauer werden aufgrund der Zusatzbelastung an drei bzw. an keinem IO überschritten.

Bei Betrachtung der meteorologisch wahrscheinlichen Beschattungsdauer wird zusätzlich deutlich, dass eine Überschreitung der Grenzwerte für die tatsächliche Beschattungsdauer ebenfalls an drei 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	36:44	00:27	04:40
IO02	34:17	00:30	04:17
IO03	59:43	00:52	07:02
IO04	71:15	00:43	17:09
IO05	48:32	00:44	10:28
IO06	39:25	00:30	08:48
IO07	38:24	00:27	09:03
IO08	29:24	00:33	06:59
IO09	31:53	00:34	07:46
IO10	67:12	00:59	16:08
IO11	62:59	00:32	15:03
IO12	55:10	00:23	11:15
IO13	77:34	00:32	16:31
IO14	102:35	00:52	22:42
IO15	135:44	01:07	30:23
IO16	116:01	00:46	23:14

Die jährlichen bzw. täglichen empfohlenen Richtwerte der astronomisch maximal möglichen Beschattungsdauer werden aufgrund der Vorbelastung an 15 bzw. elf IO überschritten.

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



### 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

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	51:18	00:38	05:47
IO02	44:43	00:30	05:05
IO03	77:40	01:16	08:26
IO04	71:18	00:43	17:08
IO05	79:54	00:44	18:40
IO06	67:48	00:35	16:14
IO07	49:03	00:30	11:55
IO08	50:52	00:33	12:29
IO09	50:56	00:34	12:32
IO10	84:14	00:59	19:54
IO11	76:28	00:32	18:17
IO12	68:33	00:29	14:38
IO13	94:36	00:41	20:56
IO14	118:00	00:54	26:49
IO15	140:02	01:07	31:23
IO16	131:05	00:47	25:34

Die jährlichen bzw. täglichen empfohlenen Richtwerte der astronomisch maximal möglichen Beschattungsdauer werden aufgrund der Gesamtbelastung an 16 bzw. 13 IO überschritten.

Bei Betrachtung der meteorologisch wahrscheinlichen Beschattungsdauer wird zusätzlich deutlich, dass eine Überschreitung der Grenzwerte für die tatsächliche Beschattungsdauer an 14 IO zu erwarten ist.

**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 und dafür sorgt, dass die geplante WEA an den bereits durch die Vorbelastung überschrittenen IO keinerlei Schattenwurf verursacht.**

## 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.

## 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](http://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

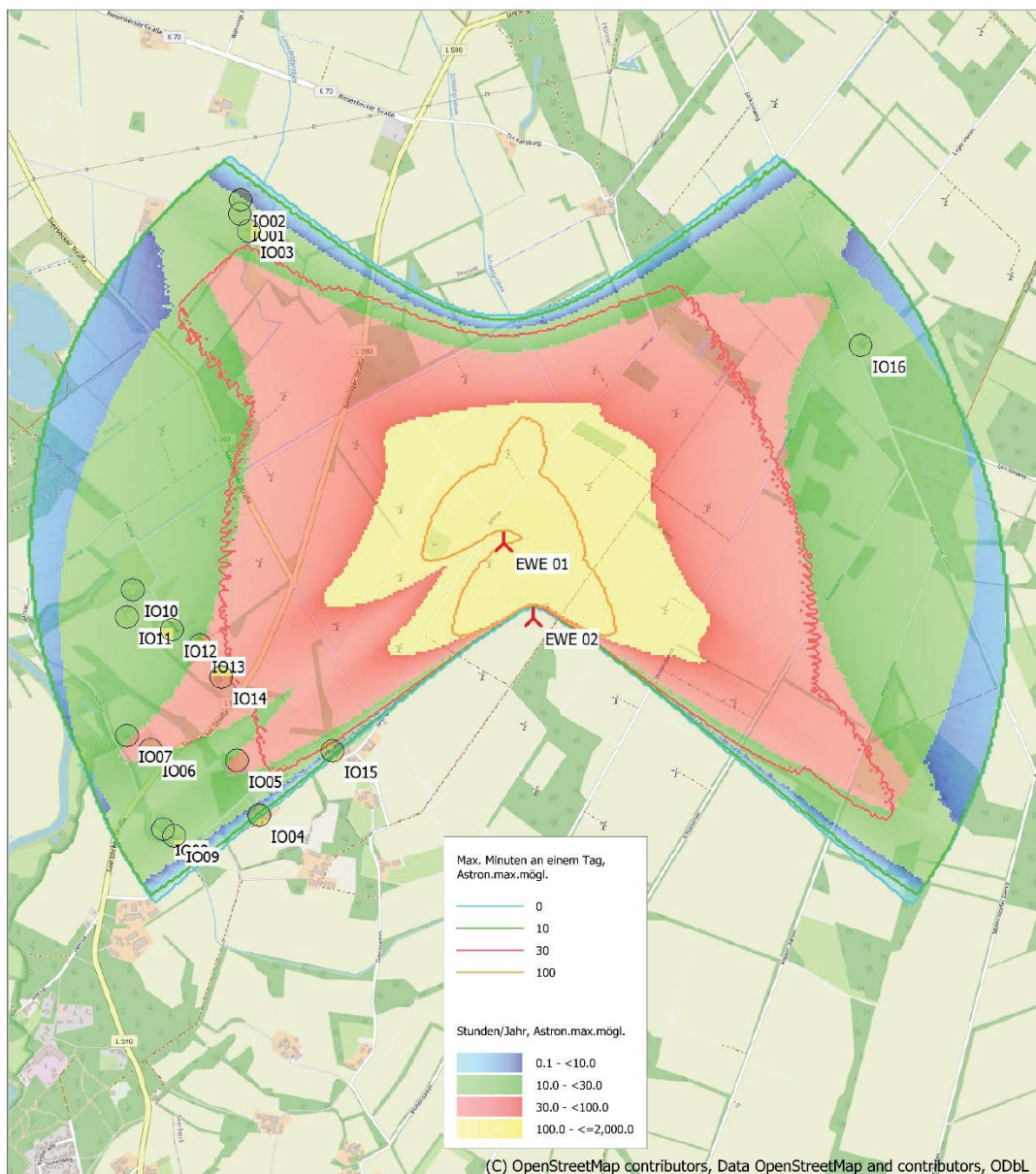
## Anhang B Karte der astr. max. möglichen Beschattungsdauer

Projekt:  
2024-03-Emsdetten

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:  
05.03.2024 11:57/4.0.531

### SHADOW - Karte

Berechnung: 2024-03 Emsdetten ZB



Karte: EMD OpenStreetMap, Maßstab 1:25,000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 402,995 Nord: 5,785,844  
 Neue WEA Schattenrezeptor  
 Höhe der Schattenkarte: Höhenlinien: oro\_DGM5\_NRW\_2.5m\_Emsdetten\_20x20km.wpo (1)  
 Zeitschritt: 2 Minuten, Schrittweite: 3 Tag(e), Kartenauflösung: 10 m, Sichtbarkeit Auflösung: 5 m, Augenhöhe: 1.5 m

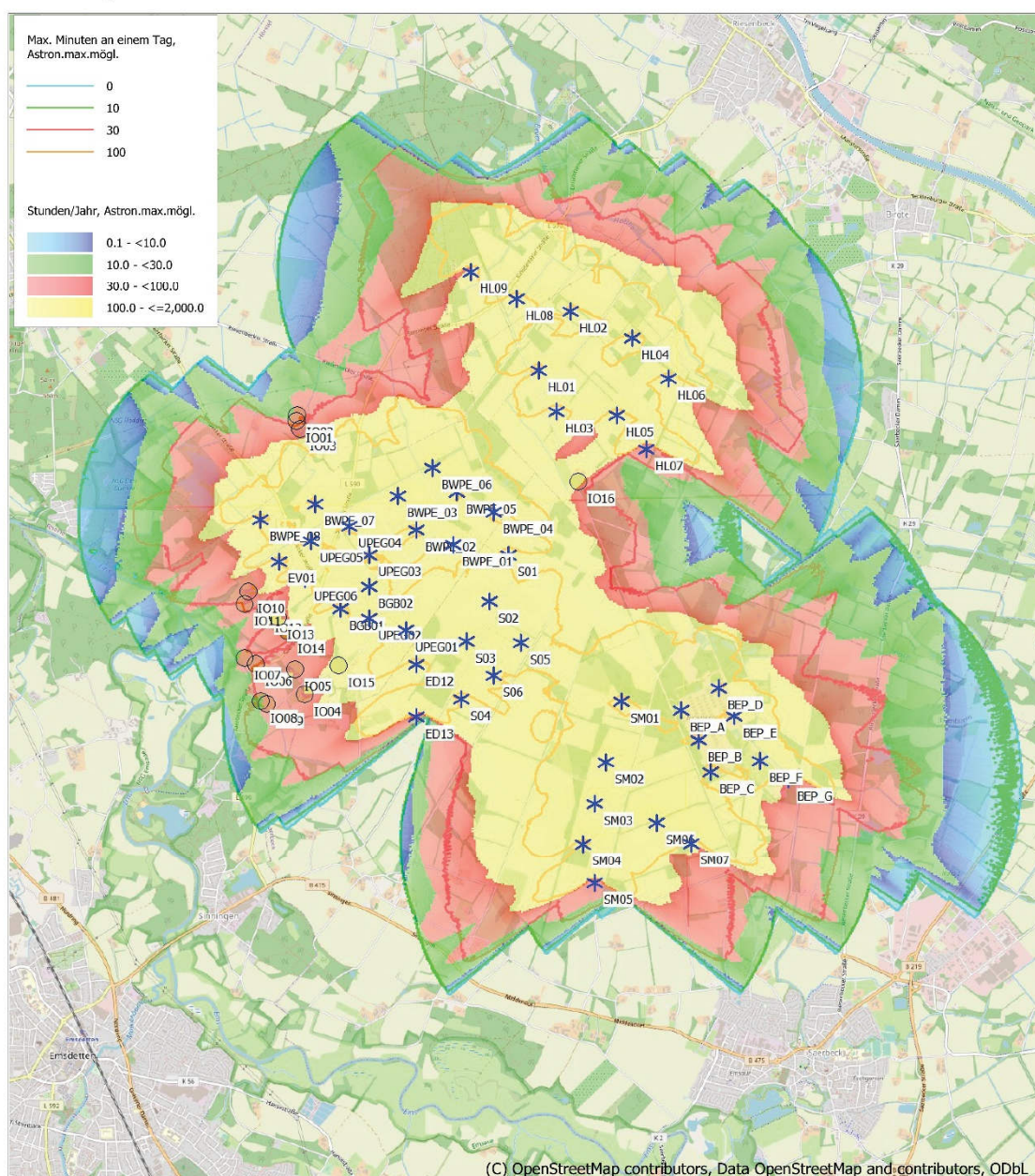
Projekt:  
**2024-03-Emsdetten**

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:  
05.03.2024 13:03/4.0.531



## SHADOW - Karte

Berechnung: 2024-03 Emsdetten VB



Karte: EMD OpenStreetMap, Maßstab 1:55,000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 404,000 Nord: 5,785,844  
 \* Existierende WEA    Schattenrezeptor  
 Höhe der Schattenkarte: Höhenlinien: oro\_DGM5\_NRW\_2.5m\_Emsdetten\_20x20km.wpo (1)  
 Zeitschritt: 2 Minuten, Schrittweite: 3 Tag(e), Kartenaufösung: 10 m, Sichtbarkeit Auflösung: 5 m, Augenhöhe: 1.5 m

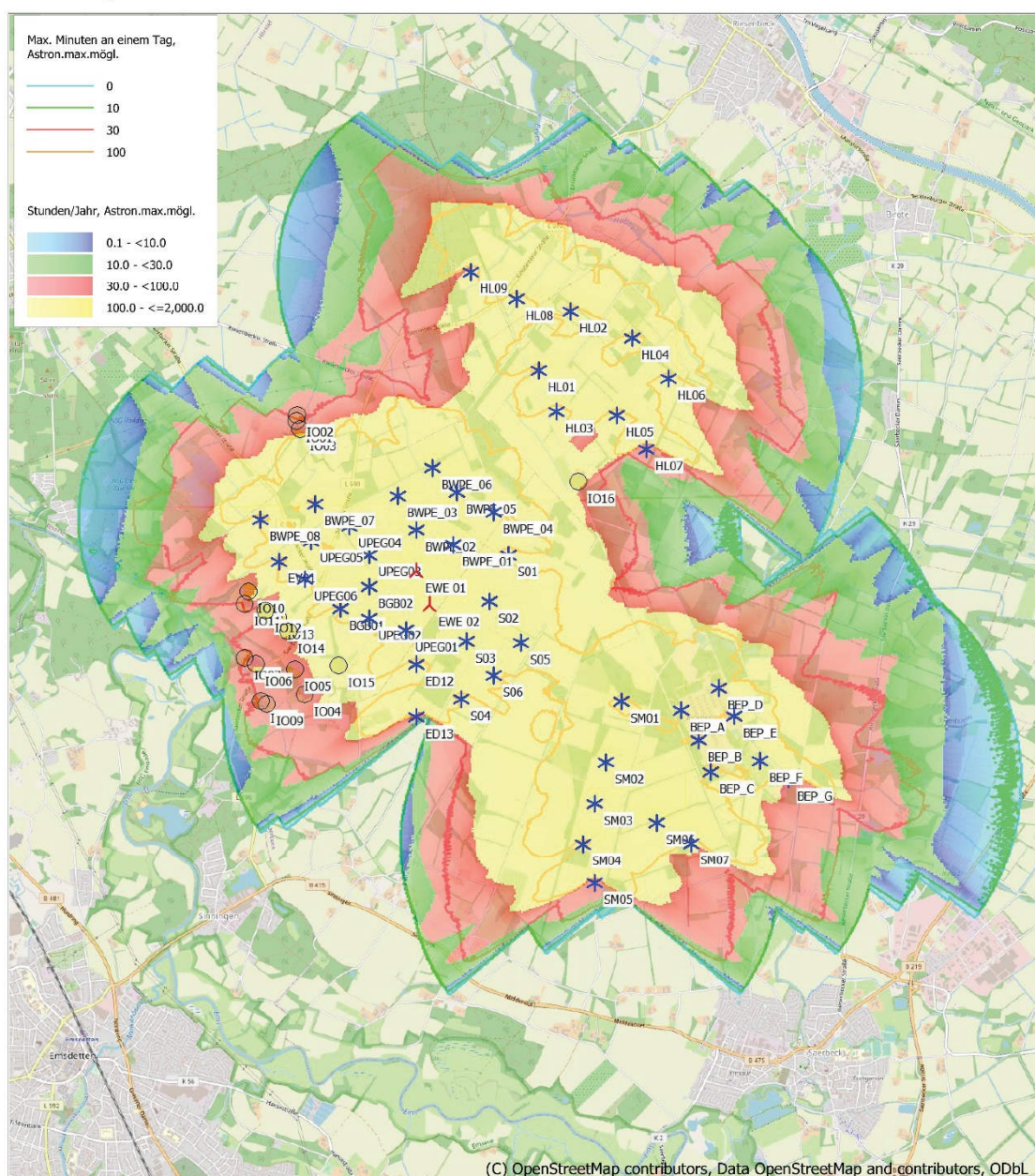


Projekt:  
**2024-03-Emsdetten**

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:  
05.03.2024 14:09/4.0.531

## SHADOW - Karte

Berechnung: 2024-03 Emsdetten GB



Karte: EMD OpenStreetMap, Maßstab 1:55,000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 404,000 Nord: 5,785,844  
 Neue WEA \* Existierende WEA Schattenrezeptor  
 Höhe der Schattenkarte: Höhenlinien: oro\_DGM5\_NRW\_2.5m\_Emsdetten\_20x20km.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:  
2024-03-EmsdettenLizenzierter Anwender:  
anemos GmbH für Umweltmeteorologie mbH  
Böhmsholzer Weg 3  
DE-21391 Reppenstedt  
49(0)4131-8308-100  
Lena Fieckel / lena.fieckel@anemos.de  
Berechnet:  
05.03.2024 11:57/4.0.531

anemos

## SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: 2024-03 Emsdetten ZB

## Annahmen für Schattenwurfberechnung

Beschattungsbereich der WEA

Schatten nur relevant, wo Rotorblatt mind. 20% der Sonne verdeckt  
Siehe WEA-TabelleMinimale relevante Sonnenhöhe über Horizont 3 °  
Tage zwischen Berechnungen 1 Tag(e)  
Berechnungszeitsprung 1 Minuten

Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [OSNABRUECK]

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1.46	2.92	3.38	5.27	7.12	5.77	6.28	6.09	4.43	3.05	1.96	1.04

Betriebsstunden ermittelt aus WEA in Berechnung und Windverteilung:  
TD WS

Betriebsdauer je Sektor

N	NNO	ONO	O	OSO	SSO	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Summe
387	360	471	569	516	428	615	1,105	1,479	985	715	477	8,107

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\_DGM5\_NRW\_2.5m\_Emsdetten\_20;  
Rasterauflösung: 1.0 m

Alle Koordinatenangaben in:

UTM (north)-ETRS89 Zone: 32

## WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung	Rotor-durchmesser	NH	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]
EWE 01	402,850	5,786,020	45.0	VESTAS V162-7.2 7200 162.0 !...	Ja	VESTAS	V162-7.2-7,200	7,200	162.0	169.0	2,041	9.5
EWE 02	402,975	5,785,694	45.0	VESTAS V162-7.2 7200 162.0 !...	Ja	VESTAS	V162-7.2-7,200	7,200	162.0	169.0	2,041	9.5

## Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
					[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
IO01	Elte, Zur Falkenburg 77	401,742	5,787,462	45.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO02	Elte, Zur Falkenburg 79	401,747	5,787,521	45.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO03	Elte, Zur Falkenburg 84	401,778	5,787,387	45.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO04	Emsdetten, Veltrup 10	401,775	5,784,869	40.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO05	Emsdetten, Veltrup 11	401,683	5,785,108	43.9	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO06	Emsdetten, Veltrup 12	401,311	5,785,162	37.2	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO07	Emsdetten, Veltrup 12a	401,209	5,785,226	36.1	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO08	Emsdetten, Veltrup 13	401,357	5,784,817	35.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO09	Emsdetten, Veltrup 13a	401,405	5,784,787	35.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO10	Emsdetten, Veltrup 2a	401,250	5,785,850	44.5	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO11	Emsdetten, Veltrup 3	401,221	5,785,735	44.7	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO12	Emsdetten, Veltrup 4	401,413	5,785,674	45.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO13	Emsdetten, Veltrup 5	401,535	5,785,606	45.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO14	Emsdetten, Veltrup 6	401,624	5,785,466	45.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO15	Emsdetten, Veltrup 7	402,094	5,785,140	45.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO16	Hörstel, Jacksonweg 215	404,407	5,786,837	45.0	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/a]	[d/a]	[h/d]	[h/a]	
IO01	Elte, Zur Falkenburg 77	14:34	47	0:22	1:06	
IO02	Elte, Zur Falkenburg 79	10:26	38	0:20	0:46	

(Fortsetzung nächste Seite)...



Projekt:

2024-03-Emsdetten

Lizenzierter Anwender:

anemos GmbH für Umweltmeteorologie mbH

Böhmschölzer Weg 3

DE-21391 Reppenstedt

49(0)4131-8308-100

Lena Fieckel / lena.fieckel@anemos.de

Berechnet:

05.03.2024 11:57/4.0.531



## SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: 2024-03 Emsdetten ZB

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer		Max.Schattendauer/Tag	met. wahrsch. Beschattungsdauer	
		Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr		Stunden/Jahr	
		[h/a]	[d/a]	[h/d]	[h/a]	
IO03	Elte, Zur Falkenburg 84	17:57	53	0:24	1:23	
IO04	Emsdetten, Veltrup 10	0:16	5	0:04	0:03	
IO05	Emsdetten, Veltrup 11	31:22	85	0:28	8:02	
IO06	Emsdetten, Veltrup 12	32:09	99	0:23	8:12	
IO07	Emsdetten, Veltrup 12a	25:43	95	0:22	6:45	
IO08	Emsdetten, Veltrup 13	21:28	67	0:22	5:21	
IO09	Emsdetten, Veltrup 13a	19:18	59	0:23	4:42	
IO10	Emsdetten, Veltrup 2a	17:14	59	0:23	3:44	
IO11	Emsdetten, Veltrup 3	17:09	60	0:23	3:57	
IO12	Emsdetten, Veltrup 4	23:12	71	0:26	5:37	
IO13	Emsdetten, Veltrup 5	29:48	85	0:28	7:37	
IO14	Emsdetten, Veltrup 6	48:59	125	0:30	12:25	
IO15	Emsdetten, Veltrup 7	7:00	27	0:20	1:37	
IO16	Hörstel, Jacksonweg 215	19:21	73	0:22	3:06	

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name		Maximal	Erwartet
			[h/a]	[h/a]
EWE 01	VESTAS V162-7.2 7200 162.0 !O! NH: 169.0 m (Ges:250.0 m) (5)		125:07	27:44
EWE 02	VESTAS V162-7.2 7200 162.0 !O! NH: 169.0 m (Ges:250.0 m) (6)		120:40	28:31

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.

## Anhang D Vorbelastung - Detaillierte Ergebnisse windPRO

Projekt:  
2024-03-Emsdetten

Lizenzierter Anwender:  
anemos GmbH für Umweltmeteorologie mbH  
Böhmschöler Weg 3  
DE-21391 Reppenstedt  
49(0)4131-8308-100  
Lena Fieckel / lena.fieckel@anemos.de  
Berechnet:  
05.03.2024 13:03/4.0.531

anemos

## SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: 2024-03 Emsdetten 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)  
Berechnungssprünge 1 Minuten

Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [OSNABRUECK]

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1.46	2.92	3.38	5.27	7.12	5.77	6.28	6.09	4.43	3.05	1.96	1.04

Betriebsstunden ermittelt aus WEA in Berechnung und Windverteilung:  
TD WS

Betriebsdauer je Sektor

N	NNO	ONO	O	OSO	SSO	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Summe
399	372	485	585	531	441	633	1,133	1,521	1,015	736	492	8,343

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\_DGM5\_NRW\_2.5m\_Emsdetten\_20;  
Rasterauflösung: 1.0 m

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

## WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ	Ak- tu- ell	Hersteller	Typ	Nenn- leistung	Rotor- durch- messer	NH	Schattendaten	
												Beschatt.- Bereich	U/min
			[m]						[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]
BEP_A	405,347	5,784,651	45.0	ENERCON E-101 3...	Nein		ENERCON	E-101-3,000	3,000	101.0	149.0	2,213	14.5
BEP_B	405,504	5,784,367	45.0	ENERCON E-101 3...	Nein		ENERCON	E-101-3,000	3,000	101.0	149.0	2,213	14.5
BEP_C	405,612	5,784,063	45.0	ENERCON E-101 3...	Nein		ENERCON	E-101-3,000	3,000	101.0	149.0	2,213	14.5
BEP_D	405,701	5,784,857	45.0	ENERCON E-101 3...	Nein		ENERCON	E-101-3,000	3,000	101.0	149.0	2,213	14.5
BEP_E	405,848	5,784,588	45.0	ENERCON E-101 3...	Nein		ENERCON	E-101-3,000	3,000	101.0	149.0	2,213	14.5
BEP_F	406,086	5,784,156	45.0	ENERCON E-101 3...	Nein		ENERCON	E-101-3,000	3,000	101.0	149.0	2,213	14.5
BEP_G	406,350	5,783,979	45.0	ENERCON E-101 3...	Nein		ENERCON	E-101-3,000	3,000	101.0	149.0	2,213	14.5
BGB01	402,121	5,785,677	45.0	SÜDWIND S70 15...	Nein		SÜDWIND	S70-1,500	1,500	70.0	98.0	1,465	19.0
BGB02	402,401	5,785,881	45.0	SÜDWIND S70 15...	Nein		SÜDWIND	S70-1,500	1,500	70.0	98.0	1,465	19.0
BWPE_01	403,209	5,786,261	45.0	GE WIND ENERGY...	Nein		GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2,500	2,500	120.0	139.0	1,732	13.0
BWPE_02	402,861	5,786,409	45.0	GE WIND ENERGY...	Nein		GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2,500	2,500	120.0	139.0	1,732	13.0
BWPE_03	402,686	5,786,732	45.0	GE WIND ENERGY...	Nein		GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2,500	2,500	120.0	139.0	1,732	13.0
BWPE_04	403,602	5,786,567	45.0	GE WIND ENERGY...	Nein		GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2,500	2,500	120.0	139.0	1,732	13.0
BWPE_05	403,254	5,786,761	45.0	GE WIND ENERGY...	Nein		GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2,500	2,500	120.0	139.0	1,732	13.0
BWPE_06	403,031	5,786,993	45.0	GE WIND ENERGY...	Nein		GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2,500	2,500	120.0	110.0	1,734	13.0
BWPE_07	401,904	5,786,674	45.0	GE WIND ENERGY...	Nein		GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2,500	2,500	120.0	139.0	1,732	13.0
BWPE_08	401,383	5,786,538	43.8	GE WIND ENERGY...	Nein		GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2,500	2,500	120.0	139.0	1,732	13.0
ED12	402,835	5,785,136	45.0	NORDEX N149/5.X...	Ja		NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.0	164.0	1,836	10.7
ED13	402,825	5,784,638	45.0	NORDEX N149/5.X...	Ja		NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.0	164.0	1,836	10.7
EV01	401,551	5,786,139	41.8	ENERCON E-82 20...	Nein		ENERCON	E-82-2,000	2,000	82.0	108.4	1,550	19.5
HL01	404,054	5,787,896	45.0	ENERCON E-141 E...	Nein		ENERCON	E-141 EP4-4,200	4,200	141.0	159.0	1,833	10.6
HL02	404,366	5,788,453	45.0	ENERCON E-141 E...	Nein		ENERCON	E-141 EP4-4,200	4,200	141.0	159.0	1,833	10.6
HL03	404,212	5,787,502	45.0	ENERCON E-141 E...	Nein		ENERCON	E-141 EP4-4,200	4,200	141.0	159.0	1,833	10.6
HL04	404,950	5,788,188	45.0	ENERCON E-141 E...	Nein		ENERCON	E-141 EP4-4,200	4,200	141.0	159.0	1,833	10.6
HL05	404,783	5,787,461	45.0	ENERCON E-141 E...	Nein		ENERCON	E-141 EP4-4,200	4,200	141.0	159.0	1,833	10.6
HL06	405,282	5,787,793	45.0	ENERCON E-141 E...	Nein		ENERCON	E-141 EP4-4,200	4,200	141.0	159.0	1,833	10.6
HL07	405,059	5,787,130	45.0	ENERCON E-141 E...	Nein		ENERCON	E-141 EP4-4,200	4,200	141.0	159.0	1,833	10.6
HL08	403,856	5,788,580	45.0	ENERCON E-141 E...	Nein		ENERCON	E-141 EP4-4,200	4,200	141.0	159.0	1,833	10.6
HL09	403,427	5,788,850	45.0	ENERCON E-141 E...	Nein		ENERCON	E-141 EP4-4,200	4,200	141.0	159.0	1,833	10.6
S01	403,731	5,786,158	45.0	ENERCON E-101 3...	Ja		ENERCON	E-101-3,050	3,050	101.0	149.0	2,213	14.5
S02	403,538	5,785,720	45.0	ENERCON E-115 3...	Nein		ENERCON	E-115-3,000	3,000	115.7	149.0	2,066	12.4
S03	403,318	5,785,343	45.0	ENERCON E-115 3...	Nein		ENERCON	E-115-3,000	3,000	115.7	149.0	2,066	12.4
S04	403,255	5,784,798	45.0	ENERCON E-115 3...	Nein		ENERCON	E-115-3,000	3,000	115.7	149.0	2,066	12.4
S05	403,833	5,785,317	45.0	ENERCON E-115 3...	Nein		ENERCON	E-115-3,000	3,000	115.7	149.0	2,066	12.4

(Fortsetzung nächste Seite)...

windPRO 4.0.531 | EMD International A/S, Tel. +45 96 35 44 44, www.emd.dk, windpro@emd.dk

05.03.2024 14:52 / 1

windPRO

Projekt:

2024-03-Emsdetten

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:

05.03.2024 13:03/4.0.531



## SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: 2024-03 Emsdetten VB

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ		Typ	Nennleistung	Rotor-durchmesser	NH	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller					Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]
S06	403,571	5,785,021	45.0	ENERCON E-115 3...	Nein	ENERCON	E-115-3,000	3,000	115.7	149.0	2,066	12.4
SM01	404,777	5,784,751	45.0	ENERCON E-175 E...	Ja	ENERCON	E-175 EP5-6,000	6,000	175.0	162.0	1,737	-
SM02	404,620	5,784,174	45.0	ENERCON E-175 E...	Ja	ENERCON	E-175 EP5-6,000	6,000	175.0	162.0	1,737	-
SM03	404,509	5,783,785	45.0	ENERCON E-175 E...	Ja	ENERCON	E-175 EP5-6,000	6,000	175.0	162.0	1,737	-
SM04	404,389	5,783,402	45.0	ENERCON E-175 E...	Ja	ENERCON	E-175 EP5-6,000	6,000	175.0	162.0	1,737	-
SM05	404,490	5,783,023	45.0	ENERCON E-175 E...	Ja	ENERCON	E-175 EP5-6,000	6,000	175.0	162.0	1,737	-
SM06	405,091	5,783,593	45.0	ENERCON E-175 E...	Ja	ENERCON	E-175 EP5-6,000	6,000	175.0	162.0	1,737	-
SM07	405,419	5,783,389	45.0	ENERCON E-175 E...	Ja	ENERCON	E-175 EP5-6,000	6,000	175.0	162.0	1,737	-
UPEG01	402,743	5,785,455	45.0	VESTAS V80-2.0M...	Nein	VESTAS	V80-2.0MW-2,000	2,000	80.0	100.0	1,581	16.7
UPEG02	402,391	5,785,577	45.0	VESTAS V80-2.0M...	Nein	VESTAS	V80-2.0MW-2,000	2,000	80.0	100.0	1,581	16.7
UPEG03	402,405	5,786,176	45.0	VESTAS V80-2.0M...	Nein	VESTAS	V80-2.0MW-2,000	2,000	80.0	100.0	1,581	16.7
UPEG04	402,219	5,786,458	44.9	VESTAS V80-2.0M...	Nein	VESTAS	V80-2.0MW-2,000	2,000	80.0	100.0	1,581	16.7
UPEG05	401,852	5,786,326	43.3	VESTAS V80-2.0M...	Nein	VESTAS	V80-2.0MW-2,000	2,000	80.0	100.0	1,581	16.7
UPEG06	401,794	5,785,960	42.6	VESTAS V80-2.0M...	Nein	VESTAS	V80-2.0MW-2,000	2,000	80.0	100.0	1,581	16.7

## Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
					[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
IO01	Elte, Zur Falkenburg 77	401,742	5,787,462	45.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO02	Elte, Zur Falkenburg 79	401,747	5,787,521	45.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO03	Elte, Zur Falkenburg 84	401,778	5,787,387	45.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO04	Emsdetten, Veltrup 10	401,775	5,784,869	40.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO05	Emsdetten, Veltrup 11	401,683	5,785,108	43.9	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO06	Emsdetten, Veltrup 12	401,311	5,785,162	37.2	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO07	Emsdetten, Veltrup 12a	401,209	5,785,226	36.1	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO08	Emsdetten, Veltrup 13	401,357	5,784,817	35.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO09	Emsdetten, Veltrup 13a	401,405	5,784,787	35.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO10	Emsdetten, Veltrup 2a	401,250	5,785,850	44.5	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO11	Emsdetten, Veltrup 3	401,221	5,785,735	44.7	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO12	Emsdetten, Veltrup 4	401,413	5,785,674	45.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO13	Emsdetten, Veltrup 5	401,535	5,785,606	45.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO14	Emsdetten, Veltrup 6	401,624	5,785,466	45.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO15	Emsdetten, Veltrup 7	402,094	5,785,140	45.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO16	Hörstel, Jacksonweg 215	404,407	5,786,837	45.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0

## Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

		astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattungsdauer	
Nr.	Name	Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr	Max.Schattendauer/Tag	Stunden/Jahr	
		[h/a]	[d/a]	[h/d]	[h/a]	
IO01	Elte, Zur Falkenburg 77	36:44	129	0:27	4:40	
IO02	Elte, Zur Falkenburg 79	34:17	116	0:30	4:17	
IO03	Elte, Zur Falkenburg 84	59:43	156	0:52	7:02	
IO04	Emsdetten, Veltrup 10	71:15	189	0:43	17:09	
IO05	Emsdetten, Veltrup 11	48:32	155	0:44	10:28	
IO06	Emsdetten, Veltrup 12	39:25	155	0:30	8:48	
IO07	Emsdetten, Veltrup 12a	38:24	147	0:27	9:03	
IO08	Emsdetten, Veltrup 13	29:24	97	0:33	6:59	
IO09	Emsdetten, Veltrup 13a	31:53	104	0:34	7:46	
IO10	Emsdetten, Veltrup 2a	67:12	191	0:59	16:08	
IO11	Emsdetten, Veltrup 3	62:59	199	0:32	15:03	
IO12	Emsdetten, Veltrup 4	55:10	222	0:23	11:15	
IO13	Emsdetten, Veltrup 5	77:34	252	0:32	16:31	
IO14	Emsdetten, Veltrup 6	102:35	236	0:52	22:42	
IO15	Emsdetten, Veltrup 7	135:44	262	1:07	30:23	
IO16	Hörstel, Jacksonweg 215	116:01	279	0:46	23:14	



Projekt:

2024-03-Emsdetten

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:

05.03.2024 13:03/4.0.531



## SHADOW - Hauptergebnis

### Berechnung: 2024-03 Emsdetten VB

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal [h/a]	Erwartet [h/a]
BEP_A	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149.0 m (Ges:199.5 m) (16)	0:00	0:00
BEP_B	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149.0 m (Ges:199.5 m) (18)	0:00	0:00
BEP_C	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149.0 m (Ges:199.5 m) (19)	0:00	0:00
BEP_D	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149.0 m (Ges:199.5 m) (20)	0:00	0:00
BEP_E	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149.0 m (Ges:199.5 m) (21)	0:00	0:00
BEP_F	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149.0 m (Ges:199.5 m) (22)	0:00	0:00
BEP_G	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149.0 m (Ges:199.5 m) (23)	0:00	0:00
BGB01	SÜDWIND S70 1500 70.0 !-! NH: 98.0 m (Ges:133.0 m) (1)	82:58	20:23
BGB02	SÜDWIND S70 1500 70.0 !-! NH: 98.0 m (Ges:133.0 m) (2)	44:20	11:20
BWPE_01	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! NH: 139.0 m (Ges:199.0 m) (24)	7:58	1:33
BWPE_02	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! NH: 139.0 m (Ges:199.0 m) (25)	55:37	11:10
BWPE_03	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! NH: 139.0 m (Ges:199.0 m) (26)	40:25	7:09
BWPE_04	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! NH: 139.0 m (Ges:199.0 m) (27)	17:08	3:17
BWPE_05	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! NH: 139.0 m (Ges:199.0 m) (28)	19:41	3:38
BWPE_06	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! NH: 110.0 m (Ges:170.0 m) (29)	18:55	3:26
BWPE_07	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! NH: 139.0 m (Ges:199.0 m) (30)	17:18	1:24
BWPE_08	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! NH: 139.0 m (Ges:199.0 m) (31)	7:54	0:42
ED12	NORDEX N149/5.X 5700 149.0 !O! NH: 164.0 m (Ges:238.5 m) (57)	105:32	24:02
ED13	NORDEX N149/5.X 5700 149.0 !O! NH: 164.0 m (Ges:238.5 m) (58)	81:15	13:33
EV01	ENERCON E-82 2000 82.0 !O! NH: 108.4 m (Ges:149.4 m) (15)	0:00	0:00
HL01	ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! NH: 159.0 m (Ges:229.5 m) (38)	0:00	0:00
HL02	ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! NH: 159.0 m (Ges:229.5 m) (39)	0:00	0:00
HL03	ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! NH: 159.0 m (Ges:229.5 m) (40)	0:00	0:00
HL04	ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! NH: 159.0 m (Ges:229.5 m) (41)	0:00	0:00
HL05	ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! NH: 159.0 m (Ges:229.5 m) (42)	0:00	0:00
HL06	ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! NH: 159.0 m (Ges:229.5 m) (43)	0:00	0:00
HL07	ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! NH: 159.0 m (Ges:229.5 m) (44)	42:37	10:42
HL08	ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! NH: 159.0 m (Ges:229.5 m) (45)	0:00	0:00
HL09	ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! NH: 159.0 m (Ges:229.5 m) (46)	0:00	0:00
S01	ENERCON E-101 3050 101.0 !-! NH: 149.0 m (Ges:199.5 m) (32)	24:44	4:25
S02	ENERCON E-115 3000 115.7 !O! NH: 149.0 m (Ges:206.9 m) (33)	35:44	7:38
S03	ENERCON E-115 3000 115.7 !O! NH: 149.0 m (Ges:206.9 m) (34)	31:02	7:24
S04	ENERCON E-115 3000 115.7 !O! NH: 149.0 m (Ges:206.9 m) (35)	28:50	5:16
S05	ENERCON E-115 3000 115.7 !O! NH: 149.0 m (Ges:206.9 m) (36)	4:04	0:58
S06	ENERCON E-115 3000 115.7 !O! NH: 149.0 m (Ges:206.9 m) (37)	13:41	2:45
SM01	ENERCON E-175 EP5 6000 175.0 !O! NH: 162.0 m (Ges:249.5 m) (50)	0:00	0:00
SM02	ENERCON E-175 EP5 6000 175.0 !O! NH: 162.0 m (Ges:249.5 m) (51)	0:00	0:00
SM03	ENERCON E-175 EP5 6000 175.0 !O! NH: 162.0 m (Ges:249.5 m) (52)	0:00	0:00
SM04	ENERCON E-175 EP5 6000 175.0 !O! NH: 162.0 m (Ges:249.5 m) (53)	0:00	0:00
SM05	ENERCON E-175 EP5 6000 175.0 !O! NH: 162.0 m (Ges:249.5 m) (54)	0:00	0:00
SM06	ENERCON E-175 EP5 6000 175.0 !O! NH: 162.0 m (Ges:249.5 m) (55)	0:00	0:00
SM07	ENERCON E-175 EP5 6000 175.0 !O! NH: 162.0 m (Ges:249.5 m) (56)	0:00	0:00
UPEG01	VESTAS V80-2.0MW 2000 80.0 !O! NH: 100.0 m (Ges:140.0 m) (3)	70:02	17:20
UPEG02	VESTAS V80-2.0MW 2000 80.0 !O! NH: 100.0 m (Ges:140.0 m) (4)	42:27	10:00
UPEG03	VESTAS V80-2.0MW 2000 80.0 !O! NH: 100.0 m (Ges:140.0 m) (5)	27:41	7:23
UPEG04	VESTAS V80-2.0MW 2000 80.0 !O! NH: 100.0 m (Ges:140.0 m) (6)	10:55	2:39
UPEG05	VESTAS V80-2.0MW 2000 80.0 !O! NH: 100.0 m (Ges:140.0 m) (7)	0:00	0:00
UPEG06	VESTAS V80-2.0MW 2000 80.0 !O! NH: 100.0 m (Ges:140.0 m) (9)	62:46	16:38

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:  
2024-03-EmsdettenLizenzierter Anwender:  
anemos GmbH für Umweltmeteorologie mbH  
Böhmsholzer Weg 3  
DE-21391 Reppenstedt  
49(0)4131-8308-100  
Lena Fieckel / lena.fieckel@anemos.de  
Berechnet:  
05.03.2024 14:09/4.0.531

anemos

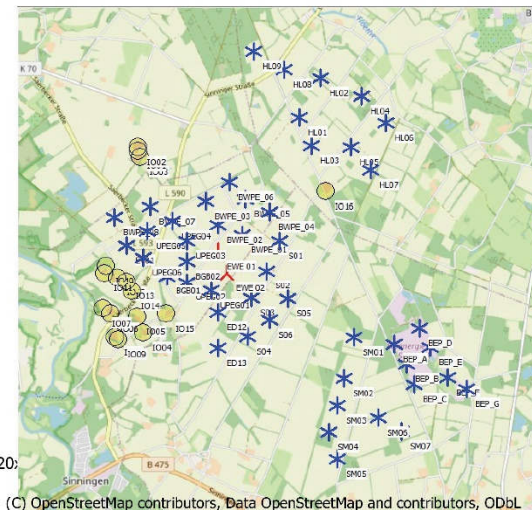
## SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: 2024-03 Emsdetten GB

## Annahmen für Schattenwurfberechnung

Beschattungsbereich der WEA  
Schatten nur relevant, wo Rotorblatt mind. 20% der Sonne verdeckt  
Siehe WEA-TabelleMinimale relevante Sonnenhöhe über Horizont 3 °  
Tage zwischen Berechnungen 1 Tag(e)  
Berechnungszeitsprung 1 MinutenSonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [OSNABRUECK]  
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez  
1.46 2.92 3.38 5.27 7.12 5.77 6.28 6.09 4.43 3.05 1.96 1.04Betriebsstunden ermittelt aus WEA in Berechnung und Windverteilung:  
TD WS

Betriebsdauer je Sektor

N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe  
398 371 484 584 531 441 633 1,132 1,519 1,014 735 491 8,334Startwindgeschwindigkeit: 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\_DGM5\_NRW\_2.5m\_Emsdetten\_20;  
Rasterauflösung: 1.0 mAlle Koordinatenangaben in:  
UTM (north)-ETRS89 Zone: 32

## WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ							Schattendaten	
					Ak- tu- ell	Hersteller	Typ	Nenn- leistung	Rotor- durch- messer	NH	Beschatt.- Bereich	U/min	
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]	
BEP_A	405,347	5,784,651	45.0	ENERCON E-101 3...	Nein	ENERCON	E-101-3,000	3,000	101.0	149.0	2,213	14.5	
BEP_B	405,504	5,784,367	45.0	ENERCON E-101 3...	Nein	ENERCON	E-101-3,000	3,000	101.0	149.0	2,213	14.5	
BEP_C	405,612	5,784,063	45.0	ENERCON E-101 3...	Nein	ENERCON	E-101-3,000	3,000	101.0	149.0	2,213	14.5	
BEP_D	405,701	5,784,857	45.0	ENERCON E-101 3...	Nein	ENERCON	E-101-3,000	3,000	101.0	149.0	2,213	14.5	
BEP_E	405,848	5,784,588	45.0	ENERCON E-101 3...	Nein	ENERCON	E-101-3,000	3,000	101.0	149.0	2,213	14.5	
BEP_F	406,086	5,784,156	45.0	ENERCON E-101 3...	Nein	ENERCON	E-101-3,000	3,000	101.0	149.0	2,213	14.5	
BEP_G	406,350	5,783,979	45.0	ENERCON E-101 3...	Nein	ENERCON	E-101-3,000	3,000	101.0	149.0	2,213	14.5	
BGB01	402,121	5,785,677	45.0	SÜDWIND S70 15...	Nein	SÜDWIND	S70-1,500	1,500	70.0	98.0	1,465	19.0	
BGB02	402,401	5,785,881	45.0	SÜDWIND S70 15...	Nein	SÜDWIND	S70-1,500	1,500	70.0	98.0	1,465	19.0	
BWPE_01	403,209	5,786,261	45.0	GE WIND ENERGY...	Nein	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2,500	2,500	120.0	139.0	1,732	13.0	
BWPE_02	402,861	5,786,409	45.0	GE WIND ENERGY...	Nein	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2,500	2,500	120.0	139.0	1,732	13.0	
BWPE_03	402,686	5,786,732	45.0	GE WIND ENERGY...	Nein	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2,500	2,500	120.0	139.0	1,732	13.0	
BWPE_04	403,602	5,786,567	45.0	GE WIND ENERGY...	Nein	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2,500	2,500	120.0	139.0	1,732	13.0	
BWPE_05	403,254	5,786,761	45.0	GE WIND ENERGY...	Nein	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2,500	2,500	120.0	139.0	1,732	13.0	
BWPE_06	403,031	5,786,993	45.0	GE WIND ENERGY...	Nein	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2,500	2,500	120.0	110.0	1,734	13.0	
BWPE_07	401,904	5,786,674	45.0	GE WIND ENERGY...	Nein	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2,500	2,500	120.0	139.0	1,732	13.0	
BWPE_08	401,383	5,786,538	43.8	GE WIND ENERGY...	Nein	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2,500	2,500	120.0	139.0	1,732	13.0	
ED12	402,835	5,785,136	45.0	NORDEX N149/5.X...	Ja	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.0	164.0	1,836	10.7	
ED13	402,825	5,784,638	45.0	NORDEX N149/5.X...	Ja	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.0	164.0	1,836	10.7	
EV01	401,551	5,786,139	41.8	ENERCON E-82 20...	Nein	ENERCON	E-82-2,000	2,000	82.0	108.4	1,550	19.5	
EWE 01	402,850	5,786,020	45.0	VESTAS V162-7.2 ...	Ja	VESTAS	V162-7.2-7,200	7,200	162.0	169.0	2,041	9.5	
EWE 02	402,975	5,785,694	45.0	VESTAS V162-7.2 ...	Ja	VESTAS	V162-7.2-7,200	7,200	162.0	169.0	2,041	9.5	
HL01	404,054	5,787,896	45.0	ENERCON E-141 E...	Nein	ENERCON	E-141 EP4-4,200	4,200	141.0	159.0	1,833	10.6	
HL02	404,366	5,788,453	45.0	ENERCON E-141 E...	Nein	ENERCON	E-141 EP4-4,200	4,200	141.0	159.0	1,833	10.6	
HL03	404,212	5,787,502	45.0	ENERCON E-141 E...	Nein	ENERCON	E-141 EP4-4,200	4,200	141.0	159.0	1,833	10.6	
HL04	404,950	5,788,188	45.0	ENERCON E-141 E...	Nein	ENERCON	E-141 EP4-4,200	4,200	141.0	159.0	1,833	10.6	
HL05	404,783	5,787,461	45.0	ENERCON E-141 E...	Nein	ENERCON	E-141 EP4-4,200	4,200	141.0	159.0	1,833	10.6	
HL06	405,282	5,787,793	45.0	ENERCON E-141 E...	Nein	ENERCON	E-141 EP4-4,200	4,200	141.0	159.0	1,833	10.6	
HL07	405,059	5,787,130	45.0	ENERCON E-141 E...	Nein	ENERCON	E-141 EP4-4,200	4,200	141.0	159.0	1,833	10.6	
HL08	403,856	5,788,580	45.0	ENERCON E-141 E...	Nein	ENERCON	E-141 EP4-4,200	4,200	141.0	159.0	1,833	10.6	
HL09	403,427	5,788,850	45.0	ENERCON E-141 E...	Nein	ENERCON	E-141 EP4-4,200	4,200	141.0	159.0	1,833	10.6	
S01	403,731	5,786,158	45.0	ENERCON E-101 3...	Ja	JENERCON	E-101-3,050	3,050	101.0	149.0	2,213	14.5	
S02	403,538	5,785,720	45.0	ENERCON E-115 3...	Nein	ENERCON	E-115-3,000	3,000	115.7	149.0	2,066	12.4	

(Fortsetzung nächste Seite)...



Projekt:

2024-03-Emsdetten

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:

05.03.2024 14:09/4.0.531



## SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: 2024-03 Emsdetten GB

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ		Typ	Nennleistung	Rotor-durchmesser	NH	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller					Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]
S03	403,318	5,785,343	45.0	ENERCON E-115 3...	Nein	ENERCON	E-115-3,000	3,000	115.7	149.0	2,066	12.4
S04	403,255	5,784,798	45.0	ENERCON E-115 3...	Nein	ENERCON	E-115-3,000	3,000	115.7	149.0	2,066	12.4
S05	403,833	5,785,317	45.0	ENERCON E-115 3...	Nein	ENERCON	E-115-3,000	3,000	115.7	149.0	2,066	12.4
S06	403,571	5,785,021	45.0	ENERCON E-115 3...	Nein	ENERCON	E-115-3,000	3,000	115.7	149.0	2,066	12.4
SM01	404,777	5,784,751	45.0	ENERCON E-175 E...	Ja	ENERCON	E-175 EP5-6,000	6,000	175.0	162.0	1,737	-
SM02	404,620	5,784,174	45.0	ENERCON E-175 E...	Ja	ENERCON	E-175 EP5-6,000	6,000	175.0	162.0	1,737	-
SM03	404,509	5,783,785	45.0	ENERCON E-175 E...	Ja	ENERCON	E-175 EP5-6,000	6,000	175.0	162.0	1,737	-
SM04	404,389	5,783,402	45.0	ENERCON E-175 E...	Ja	ENERCON	E-175 EP5-6,000	6,000	175.0	162.0	1,737	-
SM05	404,490	5,783,023	45.0	ENERCON E-175 E...	Ja	ENERCON	E-175 EP5-6,000	6,000	175.0	162.0	1,737	-
SM06	405,091	5,783,593	45.0	ENERCON E-175 E...	Ja	ENERCON	E-175 EP5-6,000	6,000	175.0	162.0	1,737	-
SM07	405,419	5,783,389	45.0	ENERCON E-175 E...	Ja	ENERCON	E-175 EP5-6,000	6,000	175.0	162.0	1,737	-
UPEG01	402,743	5,785,455	45.0	VESTAS V80-2.0M...	Nein	VESTAS	V80-2.0MW-2,000	2,000	80.0	100.0	1,581	16.7
UPEG02	402,391	5,785,577	45.0	VESTAS V80-2.0M...	Nein	VESTAS	V80-2.0MW-2,000	2,000	80.0	100.0	1,581	16.7
UPEG03	402,405	5,786,176	45.0	VESTAS V80-2.0M...	Nein	VESTAS	V80-2.0MW-2,000	2,000	80.0	100.0	1,581	16.7
UPEG04	402,219	5,786,458	44.9	VESTAS V80-2.0M...	Nein	VESTAS	V80-2.0MW-2,000	2,000	80.0	100.0	1,581	16.7
UPEG05	401,852	5,786,326	43.3	VESTAS V80-2.0M...	Nein	VESTAS	V80-2.0MW-2,000	2,000	80.0	100.0	1,581	16.7
UPEG06	401,794	5,785,960	42.6	VESTAS V80-2.0M...	Nein	VESTAS	V80-2.0MW-2,000	2,000	80.0	100.0	1,581	16.7

## 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	Elte, Zur Falkenburg 77	401,742	5,787,462	45.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO02	Elte, Zur Falkenburg 79	401,747	5,787,521	45.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO03	Elte, Zur Falkenburg 84	401,778	5,787,387	45.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO04	Emsdetten, Veltrup 10	401,775	5,784,869	40.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO05	Emsdetten, Veltrup 11	401,683	5,785,108	43.9	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO06	Emsdetten, Veltrup 12	401,311	5,785,162	37.2	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO07	Emsdetten, Veltrup 12a	401,209	5,785,226	36.1	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO08	Emsdetten, Veltrup 13	401,357	5,784,817	35.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO09	Emsdetten, Veltrup 13a	401,405	5,784,787	35.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO10	Emsdetten, Veltrup 2a	401,250	5,785,850	44.5	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO11	Emsdetten, Veltrup 3	401,221	5,785,735	44.7	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO12	Emsdetten, Veltrup 4	401,413	5,785,674	45.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO13	Emsdetten, Veltrup 5	401,535	5,785,606	45.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO14	Emsdetten, Veltrup 6	401,624	5,785,466	45.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO15	Emsdetten, Veltrup 7	402,094	5,785,140	45.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
IO16	Hörstel, Jacksonweg 215	404,407	5,786,837	45.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0

## Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

		astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattungsdauer	
Nr.	Name	Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr	Max.Schattendauer/Tag	Stunden/Jahr	
		[h/a]	[d/a]	[h/d]	[h/a]	
IO01	Elte, Zur Falkenburg 77	51:18	147	0:38	5:47	
IO02	Elte, Zur Falkenburg 79	44:43	139	0:30	5:05	
IO03	Elte, Zur Falkenburg 84	77:40	161	1:16	8:26	
IO04	Emsdetten, Veltrup 10	71:18	189	0:43	17:08	
IO05	Emsdetten, Veltrup 11	79:54	225	0:44	18:40	
IO06	Emsdetten, Veltrup 12	67:48	201	0:35	16:14	
IO07	Emsdetten, Veltrup 12a	49:03	166	0:30	11:55	
IO08	Emsdetten, Veltrup 13	50:52	158	0:33	12:29	
IO09	Emsdetten, Veltrup 13a	50:56	153	0:34	12:32	
IO10	Emsdetten, Veltrup 2a	84:14	229	0:59	19:54	
IO11	Emsdetten, Veltrup 3	76:28	228	0:32	18:17	
IO12	Emsdetten, Veltrup 4	68:33	244	0:29	14:38	
IO13	Emsdetten, Veltrup 5	94:36	275	0:41	20:56	
IO14	Emsdetten, Veltrup 6	118:00	254	0:54	26:49	
IO15	Emsdetten, Veltrup 7	140:02	262	1:07	31:23	
IO16	Hörstel, Jacksonweg 215	131:05	289	0:47	25:34	

Projekt:

2024-03-Emsdetten

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:

05.03.2024 14:09/4.0.531



## SHADOW - Hauptergebnis

### Berechnung: 2024-03 Emsdetten GB

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal [h/a]	Erwartet [h/a]
BEP_A	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149.0 m (Ges:199.5 m) (16)	0:00	0:00
BEP_B	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149.0 m (Ges:199.5 m) (18)	0:00	0:00
BEP_C	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149.0 m (Ges:199.5 m) (19)	0:00	0:00
BEP_D	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149.0 m (Ges:199.5 m) (20)	0:00	0:00
BEP_E	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149.0 m (Ges:199.5 m) (21)	0:00	0:00
BEP_F	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149.0 m (Ges:199.5 m) (22)	0:00	0:00
BEP_G	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149.0 m (Ges:199.5 m) (23)	0:00	0:00
BGB01	SÜDWIND S70 1500 70.0 !-! NH: 98.0 m (Ges:133.0 m) (1)	82:58	20:22
BGB02	SÜDWIND S70 1500 70.0 !-! NH: 98.0 m (Ges:133.0 m) (2)	44:20	11:19
BWPE_01	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! NH: 139.0 m (Ges:199.0 m) (24)	7:58	1:33
BWPE_02	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! NH: 139.0 m (Ges:199.0 m) (25)	55:37	11:09
BWPE_03	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! NH: 139.0 m (Ges:199.0 m) (26)	40:25	7:08
BWPE_04	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! NH: 139.0 m (Ges:199.0 m) (27)	17:08	3:17
BWPE_05	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! NH: 139.0 m (Ges:199.0 m) (28)	19:41	3:37
BWPE_06	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! NH: 110.0 m (Ges:170.0 m) (29)	18:55	3:25
BWPE_07	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! NH: 139.0 m (Ges:199.0 m) (30)	17:18	1:24
BWPE_08	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! NH: 139.0 m (Ges:199.0 m) (31)	7:54	0:42
ED12	NORDEX N149/5.X 5700 149.0 !O! NH: 164.0 m (Ges:238.5 m) (57)	105:32	24:00
ED13	NORDEX N149/5.X 5700 149.0 !O! NH: 164.0 m (Ges:238.5 m) (58)	81:15	13:32
EV01	ENERCON E-82 2000 82.0 !O! NH: 108.4 m (Ges:149.4 m) (15)	0:00	0:00
EWE 01	VESTAS V162-7.2 7200 162.0 !O! NH: 169.0 m (Ges:250.0 m) (3)	125:07	28:30
EWE 02	VESTAS V162-7.2 7200 162.0 !O! NH: 169.0 m (Ges:250.0 m) (4)	120:40	29:18
HL01	ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! NH: 159.0 m (Ges:229.5 m) (38)	0:00	0:00
HL02	ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! NH: 159.0 m (Ges:229.5 m) (39)	0:00	0:00
HL03	ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! NH: 159.0 m (Ges:229.5 m) (40)	0:00	0:00
HL04	ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! NH: 159.0 m (Ges:229.5 m) (41)	0:00	0:00
HL05	ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! NH: 159.0 m (Ges:229.5 m) (42)	0:00	0:00
HL06	ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! NH: 159.0 m (Ges:229.5 m) (43)	0:00	0:00
HL07	ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! NH: 159.0 m (Ges:229.5 m) (44)	42:37	10:42
HL08	ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! NH: 159.0 m (Ges:229.5 m) (45)	0:00	0:00
HL09	ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! NH: 159.0 m (Ges:229.5 m) (46)	0:00	0:00
S01	ENERCON E-101 3050 101.0 !-! NH: 149.0 m (Ges:199.5 m) (32)	24:44	4:25
S02	ENERCON E-115 3000 115.7 !O! NH: 149.0 m (Ges:206.9 m) (33)	35:44	7:37
S03	ENERCON E-115 3000 115.7 !O! NH: 149.0 m (Ges:206.9 m) (34)	31:02	7:24
S04	ENERCON E-115 3000 115.7 !O! NH: 149.0 m (Ges:206.9 m) (35)	28:50	5:16
S05	ENERCON E-115 3000 115.7 !O! NH: 149.0 m (Ges:206.9 m) (36)	4:04	0:58
S06	ENERCON E-115 3000 115.7 !O! NH: 149.0 m (Ges:206.9 m) (37)	13:41	2:45
SM01	ENERCON E-175 EP5 6000 175.0 !O! NH: 162.0 m (Ges:249.5 m) (50)	0:00	0:00
SM02	ENERCON E-175 EP5 6000 175.0 !O! NH: 162.0 m (Ges:249.5 m) (51)	0:00	0:00
SM03	ENERCON E-175 EP5 6000 175.0 !O! NH: 162.0 m (Ges:249.5 m) (52)	0:00	0:00
SM04	ENERCON E-175 EP5 6000 175.0 !O! NH: 162.0 m (Ges:249.5 m) (53)	0:00	0:00
SM05	ENERCON E-175 EP5 6000 175.0 !O! NH: 162.0 m (Ges:249.5 m) (54)	0:00	0:00
SM06	ENERCON E-175 EP5 6000 175.0 !O! NH: 162.0 m (Ges:249.5 m) (55)	0:00	0:00
SM07	ENERCON E-175 EP5 6000 175.0 !O! NH: 162.0 m (Ges:249.5 m) (56)	0:00	0:00
UPEG01	VESTAS V80-2.0MW 2000 80.0 !O! NH: 100.0 m (Ges:140.0 m) (3)	70:02	17:18
UPEG02	VESTAS V80-2.0MW 2000 80.0 !O! NH: 100.0 m (Ges:140.0 m) (4)	42:27	9:59
UPEG03	VESTAS V80-2.0MW 2000 80.0 !O! NH: 100.0 m (Ges:140.0 m) (5)	27:41	7:22
UPEG04	VESTAS V80-2.0MW 2000 80.0 !O! NH: 100.0 m (Ges:140.0 m) (6)	10:55	2:39
UPEG05	VESTAS V80-2.0MW 2000 80.0 !O! NH: 100.0 m (Ges:140.0 m) (7)	0:00	0:00
UPEG06	VESTAS V80-2.0MW 2000 80.0 !O! NH: 100.0 m (Ges:140.0 m) (9)	62:46	16:37

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 „2024-03-Anhang Schattenwurfskalender\_zu\_23-423-7230940-Rev.00-SW-LF“.