

**Schattenwurfgutachten für die Errichtung
und den Betrieb von vier neuen Windenergieanlagen
im Windpark Ohe**

Dieses schalltechnische Gutachten ersetzt den Bericht Nr. 15-070-GBK-19 vom 15.07.2022.

Dokumenten-Nr.: 15-070-GBK-20

Datum: 28.07.2022

Auftraggeber: Nord-Ostsee Windkraft Ohe GmbH & Co. KG
Uhlenhorst 1
24790 Schülldorf

Auftragnehmer: T&H Ingenieure GmbH
Bremerhavener Heerstraße 10
28717 Bremen

Fon: +49 (0) 421 7940 060-0
Fax: +49 (0) 421 7940 060-1
E-Mail: info@th-ingenieure.de

Bearbeiter: B. Eng. Björn Klefeker
Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Hünerberg

Dieses Gutachten umfasst 11 Seiten Textteil und 40 Seiten Anlagen. Eine auszugsweise Veröffentlichung des Gutachtens bedarf der vorherigen schriftlichen Genehmigung der unterzeichnenden Gutachter.

Gliederung

1	Zusammenfassung.....	3
2	Ausgangslage und Zielsetzung.....	4
3	Angewandte Vorschriften, Normen, Richtlinien.....	4
4	Örtliche Gegebenheiten.....	5
5	Grundlagen zur Beurteilung der optischen Immissionen.....	5
6	Immissionsorte	6
7	Windenergieanlagen	7
7.1	Vorbelastung.....	7
7.2	Zusatzbelastung.....	7
8	Ermittlung und Beurteilung der Schattenwurfimmissionen	7
8.1	Berechnungsmodell	7
8.2	Ergebnisse und Beurteilung	8
8.3	Qualität der Ergebnisse.....	10
9	Vorschläge zu Minderungsmaßnahmen	10

Anlagen

- A-1 Lageplan mit Immissionsorten und Windenergieanlagen
- A-2 Berechnungsergebnisse
- A-3 Beschattungskalender

1 Zusammenfassung

Die Nord-Ostsee Windkraft Ohe GmbH & Co. KG plant die Errichtung von vier neuen Windenergieanlagen des Typs Vestas V150-6.0 MW mit einer Nabenhöhe von 125 m im Windpark Ohe in Schleswig-Holstein. Für die Genehmigung wird ein Nachweis gefordert, dass durch den zu erwartenden Schattenwurf der geplanten WEA die Anforderungen der WEA-Schattenwurf-Hinweise des Länderausschusses für Immissionsschutz /4/ bei den nächstgelegenen Wohnhäusern eingehalten werden. Bis auf die geplanten WEA konnten keine weiteren Windenergieanlagen, die an den maßgeblichen Immissionsorten zu einem relevanten Schattenwurf führen und als Vorbelastung zu berücksichtigen wären, ausgemacht werden.

Insgesamt wurden für die Berechnungen der astronomisch maximal möglichen Beschattungsdauer 13 Immissionsorte in der Umgebung des Windparks festgesetzt. Die Berechnungsergebnisse sind detailliert in Abschnitt 8.2 des Berichtes dargestellt.

Die Berechnungen ergaben, dass die zulässige Beschattungsdauer pro Jahr an den Immissionsorten IO 1, IO 4 bis IO 8 und IO 12 überschritten wird. Die geplanten WEA müssen daher so abgeschaltet werden, dass an den Immissionsorten IO 1, IO 4 bis IO 8 und IO 12 sowie an den benachbarten Wohnhäusern die zulässige Beschattungsdauer pro Jahr eingehalten wird.

Weiterhin ergaben die Berechnungen, dass die zulässige Beschattungsdauer pro Tag an den Immissionsorten IO 1 bis IO 8 und IO 12 überschritten wird. Die geplanten WEA müssen daher so abgeschaltet werden, dass an den Immissionsorten IO 1 bis IO 8 und IO 12 sowie an den benachbarten Wohnhäusern die zulässige Beschattungsdauer von 30 Minuten pro Tag eingehalten wird.

Da an den Immissionsorten keine Vorbelastung durch andere Windenergieanlagen einwirkt, entspricht die berechnete Zusatzbelastung auch der Gesamtbelastung.

Die maximal zulässige Beschattungsdauer von 30 Stunden pro Jahr bezieht sich auf den astronomisch maximalen Wert („worst case“). Gemäß den WEA-Schattenwurf-Hinweisen /4/ tritt Schattenwurf erst bei Bestrahlungsstärken von mehr als 120 W/m^2 auf. Daher sollte die Abschaltvorrichtung mit einer Messung der tatsächlichen Bestrahlungsstärke gekoppelt werden. Sofern eine Abschaltautomatik eingesetzt wird, die meteorologische Parameter (z. B. die Intensität des Sonnenlichtes) berücksichtigt, muss die tatsächliche Beschattungsdauer an jedem Immissionsort auf maximal 8 Stunden pro Kalenderjahr begrenzt werden.

Einzelheiten zu den betreffenden Kalendertagen und den Beschattungsanteilen der geplanten WEA sind den tabellarischen Beschattungskalendern in der Anlage 3 zu entnehmen. Hinweise für den Einbau einer Abschaltvorrichtung werden in Abschnitt 9 gegeben.

2 Ausgangslage und Zielsetzung

Die Nord-Ostsee Windkraft Ohe GmbH & Co. KG plant die Errichtung von vier neuen Windenergieanlagen des Typs Vestas V150-6.0 MW mit einer Nabenhöhe von 125 m im Windpark Ohe in Schleswig-Holstein. Für die Genehmigung wird ein Nachweis gefordert, dass durch den zu erwartenden Schattenwurf der geplanten WEA die Anforderungen der WEA-Schattenwurf-Hinweise des Länderausschusses für Immissionsschutz /4/ bei den nächstgelegenen Wohnhäusern eingehalten werden. Bis auf die geplanten WEA konnten keine weiteren Windenergieanlagen, die an den maßgeblichen Immissionsorten zu einem relevanten Schattenwurf führen und als Vorbelastung zu berücksichtigen wären, ausgemacht werden.

3 Angewandte Vorschriften, Normen, Richtlinien

Grundlage für die Ausarbeitung sind u. a. die folgenden Vorschriften und Richtlinien:

- /1/ Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG), 1. Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge, Fassung vom 26.09.2002, Bundesgesetzblatt I S. 3830, 2002,
- /2/ VDI 3789 Blatt 2: Umweltmeteorologie – Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und Oberflächen, Berechnung der kurz- und langwelligen Strahlung, Düsseldorf, 10/1994,
- /3/ DIN 5034-2: Tageslicht in Innenräumen – Grundlagen, Beuth-Verlag, 02/1985.

Weitere verwendete Unterlagen:

- /4/ Länderausschuss für Immissionsschutz: Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen, Aktualisierung 2019 (WKA-Schattenwurfhinweise), 23.01.2020,
- /5/ Freund, Hans-Dieter: Einflüsse der Lufttrübung, der Sonnenausdehnung und der Flügelform auf den Schattenwurf von Windenergieanlagen, Forschungsbericht zur Umwelttechnik, FH Kiel, Januar 2002,
- /6/ Freund, Hans-Dieter: Die Reichweite des Schattenwurfs von Windkraftanlagen, Umweltforschungsdatenbank UFORDAT, Juni 1999,
- /7/ J. Pohl, F. Faul, R. Mausfeld: Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen, Feldstudie, Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 31.07.1999,
- /8/ J. Pohl, F. Faul, R. Mausfeld: Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen, Laborstudie, Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 15.05.2000.

4 Örtliche Gegebenheiten

Der Windpark Ohe befindet sich südlich der Ortschaft Ohe in der Gemeinde Schülldorf im Landkreis Rendsburg-Eckernförde in Schleswig-Holstein. Nördlich des Windparks verläuft die Dorfstraße (L 123). Östlich des Windparks verläuft die Autobahn A7 und westlich verläuft die Landstraße L 255. In der Umgebung des Windparks befinden sich vereinzelte Hofstellen und Wohnhäuser. Das Gelände weist keine relevanten Höhenunterschiede auf. Einen genauen Überblick über die örtlichen Gegebenheiten vermittelt der Lageplan im Anhang 1 des Berichtes.

5 Grundlagen zur Beurteilung der optischen Immissionen

Gemäß den Hinweisen zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen des Länderausschusses für Immissionsschutz /4/ ist für die maßgeblichen Immissionsorte eine Bezugshöhe von 2 m über Erdboden zu berücksichtigen. Unter Nr. 4.1, Auflagen und Minderungsmaßnahmen, Schattenwurf /4/ wird weiterhin darauf hingewiesen, dass bei der Festlegung der genauen Abschaltzeiten die räumliche Ausdehnung am Immissionsort (z. B. Fenster- oder Balkonfläche) zu berücksichtigen ist. Bei Innenräumen ist die Bezugshöhe die Fenstermitte. Bei Außenflächen beträgt die Bezugshöhe 2 m über Boden.

Maßgebliche Immissionsorte im Sinne der WEA-Schattenwurf-Hinweise /4/ sind

- a) schutzwürdige Räume, die als
- Wohnräume, einschließlich Wohndielen
 - Schlafräume, einschließlich Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten und Bettenräume in Krankenhäusern und Sanatorien
 - Unterrichtsräume in Schulen, Hochschulen und ähnlichen Einrichtungen
 - Büroräume, Praxisräume, Arbeitsräume, Schulungsräume und ähnliche Arbeitsräume genutzt werden.

Direkt an Gebäuden beginnende Außenflächen (z. B. Terrassen und Balkone) sind schutzwürdigen Räumen tagsüber zwischen 6.00 – 22.00 Uhr gleichgestellt.

- b) unbebaute Flächen in einer Bezugshöhe von 2 m über Grund an dem am stärksten betroffenen Rand der Flächen, auf denen nach Bau- und Planungsrecht Gebäude mit schutzwürdigen Räumen zulässig sind.

Die Immissionsrichtwerte der WEA-Schattenwurf-Hinweise /4/ für die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer betragen:

- 30 Stunden pro Kalenderjahr und
- 30 Minuten pro Tag.

6 Immissionsorte

Unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten wurden folgende maßgebliche Immissionsorte für die Beurteilung der optischen Immissionen, verursacht durch das geplante Vorhaben, festgesetzt:

Tabelle 1 Immissionsorte

Immissionsort	Lage / Adresse	Koordinaten UTM ETRS 89 / Zone 32	
		Rechtswert in m	Hochwert in m
IO 1	Heidkrug 3, 24790 Schülldorf	548.320	6.014.228
IO 2	Bornbrook 1, 24783 Osterröfeld	548.138	6.014.616
IO 3	Burhorst 5, 24790 Schülldorf	549.341	6.014.961
IO 4	Ohe 2, 24790 Schülldorf	549.886	6.015.013
IO 5	Eggershof, 24790 Haßmoor	550.502	6.014.908
IO 6	Wittenkamp 2, 24790 Haßmoor	550.837	6.014.370
IO 7	Wittenkamp 5, 24790 Haßmoor	551.026	6.013.975
IO 8	Branden, 24790 Haßmoor	550.905	6.013.674
IO 9*	Schwarzer Weg, 24783 Osterröfeld	547.667	6.015.285
IO 10	Burhorst 4, 24790 Schülldorf	549.319	6.015.137
IO 11	Burhorst 3, 24790 Schülldorf	549.030	6.015.555
IO 12	Uhlenhorst 1, 24790 Schülldorf	549.984	6.014.545
IO 13	Am Nordmoor 3, 24802 Emkendorf	551.455	6.014.196

*) Keine Hausnummer vorhanden

Für alle Immissionsorte wurde eine Höhe von 2 m über GOK angesetzt. Bei den Berechnungen wurde für die Rezeptoren der so genannte „Gewächshaus-Modus“ berücksichtigt, womit die Schattenrezeptoren Beschattungen aus allen Richtungen empfangen. Dadurch sind die Rezeptoren unabhängig von der tatsächlichen Ausrichtung der Fenster. Die genaue Lage der Immissionsorte kann dem Lageplan in Anlage 1 des Berichtes entnommen werden.

In den Schattenkarten in der Anlage 2 sind die durch die geplanten WEA astronomisch maximal möglichen Beschattungsdauern flächendeckend dargestellt. Anhand dieser Karte wurden die Wohnhäuser innerhalb, bzw. in unmittelbarer Nähe der Einwirkungsbereiche als maßgebliche Immissionsorte eingestuft. Bei einer Ansammlung von mehreren Wohnhäusern wurden exemplarisch Immissionsorte gewählt, um die Datenmenge zu begrenzen.

7 Windenergieanlagen

7.1 Vorbelastung

Bis auf die geplanten WEA konnten keine weiteren Windenergieanlagen ausgemacht werden, die an den maßgeblichen Immissionsorten zu einem relevanten Schattenwurf führen und als Vorbelastung zu berücksichtigen wären.

7.2 Zusatzbelastung

Die den Berechnungen zu Grunde gelegten Windenergieanlagen für die Zusatzbelastung sind mit ihren Koordinaten in Anlage 2 des Berichtes dargestellt. Die Lage der Windenergieanlagen kann auch dem Lageplan in Anlage 1 entnommen werden. In der folgenden Tabelle sind die für die Schattenwurfberechnungen verwendeten Eingabeparameter der Windenergieanlagen eingetragen:

Tabelle 2 Eingabeparameter für die geplanten Windenergieanlagen

Anlage	Rotor- \varnothing	Nabenhöhe	Maximale Blatttiefe	Blatttiefe bei 90 % Radius
Vestas V150-6.0 MW	150 m	125 m	4,24 m	1,35 m

Die Blatttiefen der geplanten Windenergieanlage stammen aus der Datenbank der Berechnungssoftware WindPRO. Aus der mittleren Blatttiefe ermittelt die Software den relevanten Beschattungsbereich der Windenergieanlagen.

8 Ermittlung und Beurteilung der Schattenwurfimmissionen

8.1 Berechnungsmodell

Die Berechnungen der Schattenwurfimmissionen wurden mit dem Programm WindPRO, Modul SHADOW, in der Version 3.5.552 für das Referenzjahr 2022 durchgeführt. Zur Ermittlung der Schattenwurfimmissionen wird vom Berechnungsprogramm ein Modell verwendet, bei dem die Sonne als punktförmige Quelle und die von den Rotorblättern überstrichene Fläche als Kreisfläche definiert ist. Weitere maßgebliche Berechnungsparameter sind die Nabenhöhe und der Rotordurchmesser der WEA sowie die Koordinaten inkl. der geographischen Höhe der WEA und der Immissionspunkte, an denen Schattenrezeptoren angeordnet sind.

Der Tages- und Jahresverlauf der Sonne wird vom Programm unter Einbeziehung der Erdrotation, der Neigung der Erdachse, der elliptischen Laufbahn der Erde, der geographischen

und zeitlichen Daten des Standortes und der geringfügig unterschiedlichen Dauer eines Tages simuliert. Der Gang des Schattens jedes WEA-Rotors wird in 1-Minuten-Schritten über ein Jahr berechnet. Sobald einer der Schattenrezeptoren innerhalb eines Rotorschattens liegt, wird die Zeitdauer dieses Ergebnisses gespeichert.

Das Gebiet um eine WEA, in dem eine relevante Beschattung auftreten kann, wird als Beschattungsbereich der Windenergieanlage bezeichnet. Zur Ermittlung des Beschattungsbereiches wird das sogenannte 20 %-Verdeckungskriterium herangezogen. Da die Blatttiefe nicht über den gesamten Flügel konstant ist, sondern zur Rotorblattspitze hin abnimmt, wird ersatzweise ein rechteckiges Rotorblatt mit folgender mittlerer Blatttiefe ermittelt:

$$\text{Mittlere Blatttiefe} = \frac{1}{2} * (\text{max. Blatttiefe} + \text{min. Blatttiefe bei 90 \% Radius})$$

Innerhalb der Berechnungen wird der astronomisch maximal mögliche Schattenwurf ermittelt. Vorausgesetzt wird ständiger Sonnenschein bei allzeit wolkenfreiem Himmel, sowie ein permanenter Betrieb der WEA (100 % Verfügbarkeit). Die Rotorfläche steht zudem immer senkrecht zur Sonneneinfallrichtung, die tatsächlich auftretende Windrichtung bleibt somit unberücksichtigt.

8.2 Ergebnisse und Beurteilung

Unter Berücksichtigung der in Abschnitt 7 dargestellten Emissionsansätze berechnen sich folgende Beschattungsdauern, verursacht durch die Vorbelastung (VB), Zusatzbelastung (ZB) und Gesamtbelastung (GB):

Tabelle 3 berechnete Beschattungsdauer in Stunden pro Jahr (aufgerundet)

Immissionsort	berechnete Beschattungsdauer in Stunden pro Jahr			zulässige astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer in Stunden pro Jahr
	VB	ZB	GB	
IO 1	0	47	47	30
IO 2	0	24	24	30
IO 3	0	26	26	30
IO 4	0	40	40	30
IO 5	0	55	55	30
IO 6	0	40	40	30
IO 7	0	36	36	30
IO 8	0	48	48	30

Immissionsort	berechnete Beschattungsdauer in Stunden pro Jahr			zulässige astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer in Stunden pro Jahr
	VB	ZB	GB	
IO 9	0	0	0	30
IO 10	0	0	0	30
IO 11	0	0	0	30
IO 12	0	141	141	30
IO 13	0	12	12	30

Fettdruck: Überschreitung der zulässigen Beschattungsdauer

Tabelle 4 berechnete Beschattungsdauer in Minuten pro Tag

Immissionsort	berechnete Beschattungsdauer in Minuten pro Tag			zulässige astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer in Minuten pro Tag
	VB	ZB	GB	
IO 1	0	38	38	30
IO 2	0	32	32	30
IO 3	0	55	55	30
IO 4	0	34	34	30
IO 5	0	51	51	30
IO 6	0	32	32	30
IO 7	0	32	32	30
IO 8	0	41	41	30
IO 9	0	0	0	30
IO 10	0	0	0	30
IO 11	0	0	0	30
IO 12	0	96	96	30
IO 13	0	20	20	30

Fettdruck: Überschreitung der zulässigen Beschattungsdauer

Die Berechnungen ergaben, dass die maximal zulässige Beschattungsdauer pro Jahr an den Immissionsorten IO 1, IO 4 bis IO 8 und IO 12 durch die Zusatzbelastung überschritten wird. An den übrigen Immissionsorten wird die maximal zulässige Beschattungsdauer pro Jahr unterschritten bzw. eingehalten.

Weiterhin ergaben die Berechnungen, dass die maximal zulässige Beschattungsdauer von 30 Minuten pro Tag (0 bis 24 Uhr) an den Immissionsorten IO 1 bis IO 8 und IO 12 durch die Zusatzbelastung überschritten wird. An den übrigen Immissionsorten wird die maximal zulässige Beschattungsdauer von 30 Minuten pro Tag eingehalten bzw. unterschritten.

Da an den Immissionsorten keine Vorbelastung durch andere Windenergieanlagen einwirkt, entspricht die berechnete Zusatzbelastung auch der Gesamtbelastung.

Gemäß den WEA-Schattenwurf-Hinweisen /4/ sind direkt an Gebäuden beginnende Außenflächen (z. B. Terrassen und Balkone) schutzwürdigen Räumen tagsüber zwischen 6 - 22 Uhr gleichgestellt. Im hausnahen Außenbereich sind in der Regel keine schattenwurfrelevanten Unterschiede im Vergleich mit den in Tabelle 3 und Tabelle 4 berechneten Werten zu erwarten. Auf eine gesonderte Betrachtung wurde daher verzichtet.

8.3 Qualität der Ergebnisse

Das Berechnungsverfahren der WEA-Schattenwurf-Hinweise /4/ legt generell die für den Schattenwurf günstige Mitwindsituation (Wind weht von der Sonne zum Immissionsort) zu Grunde. Es wird eine minimale relevante Sonnenhöhe von 3° angenommen. Niedrigere Sonnenstände gehen nicht in die Berechnung ein, da in diesem Fall selbst an klaren Tagen aufgrund der Trübung des Himmels kein relevanter Schattenwurf existiert. Ferner werden Einflüsse der Lufttrübung, der Sonnenausdehnung und der Flügelform /5/ nicht berücksichtigt. Die Berechnungen beinhalten damit nach sachverständiger Erfahrung ausreichend Sicherheit.

9 Vorschläge zu Minderungsmaßnahmen

Die zulässige Beschattungsdauer pro Jahr wird an den Immissionsorten IO 1, IO 4 bis IO 8 und IO 12 überschritten. Die geplanten WEA müssen daher so abgeschaltet werden, dass an den Immissionsorten IO 1, IO 4 bis IO 8 und IO 12 sowie an den benachbarten Wohnhäusern die zulässige Beschattungsdauer pro Jahr eingehalten wird.

Die zulässige Beschattungsdauer pro Tag wird an den Immissionsorten IO 1 bis IO 8 und IO 12 überschritten. Die geplanten WEA müssen daher so abgeschaltet werden, dass an den Immissionsorten IO 1 bis IO 8 und IO 12 sowie an den benachbarten Wohnhäusern die zulässige Beschattungsdauer von 30 Minuten pro Tag eingehalten wird.

Einzelheiten zu den betreffenden Kalendertagen und den Beschattungsanteilen der geplanten WEA sind dem tabellarischen Beschattungskalender in der Anlage 3 zu entnehmen.

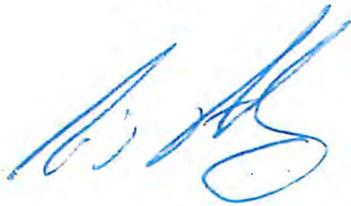
Gemäß den WEA-Schattenwurf-Hinweisen /4/ tritt Schattenwurf erst bei Bestrahlungsstärken von mehr als 120 W/m² auf. Daher sollte die Abschaltvorrichtung mit einer Messung

der tatsächlichen Bestrahlungsstärke gekoppelt werden. Sofern eine Abschaltautomatik eingesetzt wird, die meteorologische Parameter (z. B. die Intensität des Sonnenlichtes) berücksichtigt, muss die tatsächliche Beschattungsdauer an jedem Immissionsort auf maximal 8 Stunden pro Kalenderjahr begrenzt werden.

Hinweis

Bei der Festlegung der genauen Abschaltzeiten ist die räumliche Ausdehnung am jeweiligen Immissionsort (z. B. Fenster- oder Balkonfläche) zu berücksichtigen. Bei Innenräumen ist die Bezugshöhe die Mitte des Fensters, auf Außenflächen beträgt sie 2 m über Oberkante der schutzbedürftigen Fläche.

Prüfer:



Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Hünerberg
(Geschäftsführer / Messstellenleiter)

Verfasser:



B. Eng. Björn Klefeker
(Sachverständiger / stellv. Messstellenleiter)

Anlage 1

Lageplan mit Immissionsorten und Windenergieanlagen

Anlage 2
Berechnungsergebnisse

Beschreibung:
Schattenwurfgutachten für die Errichtung
und den Betrieb von vier neuen
Windenergieanlagen im WP Ohe

Lizenzierter Anwender:
T&H Ingenieure GmbH
Bremerhavener Heerstraße 10
DE-28717 Bremen
+49 (0) 421 79 400 600

Berechnet:
14.07.2022 12:52/3.5.552

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Zusatzbelastung

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

Die dargestellten Zeiten sind die astronomisch maximal mögliche
Beschattungsdauer, berechnet unter folgenden Annahmen:
Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang
Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinstrahlung
Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

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: CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo (1)
Hindernisse in Berechnung verwendet
Rasterauflösung: 1,0 m

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

WEA

	Ost	Nord	Z	WEA-Typ			Nenn- leistung	Rotordurch- messer	Nabenhöhe	Schattendaten		
				Beschreibung	Aktuell	Hersteller				Typ	Beschatt.- Bereich	U/min
			[m]				[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]	
1	549.224	6.014.140	10,0	WEA 1	Ja	VESTAS	V150-6.0-6.000	6.000	150,0	125,0	1.900	0,0
2	549.453	6.013.763	10,0	WEA 2	Ja	VESTAS	V150-6.0-6.000	6.000	150,0	125,0	1.900	0,0
3	549.882	6.013.471	10,0	WEA 3	Ja	VESTAS	V150-6.0-6.000	6.000	150,0	125,0	1.900	0,0
4	549.827	6.013.916	10,0	WEA 4	Ja	VESTAS	V150-6.0-6.000	6.000	150,0	125,0	1.900	0,0

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
					[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
A IO 1	548.320	6.014.228	10,0	1,0	1,0	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	3,0	
B IO 2	548.138	6.014.616	10,0	1,0	1,0	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	3,0	
C IO 3	549.341	6.014.961	10,0	1,0	1,0	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	3,0	
D IO 4	549.886	6.015.013	10,0	1,0	1,0	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	3,0	
E IO 5	550.502	6.014.908	10,0	1,0	1,0	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	3,0	
F IO 6	550.837	6.014.370	10,0	1,0	1,0	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	3,0	
G IO 7	551.026	6.013.975	10,0	1,0	1,0	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	3,0	
H IO 8	550.905	6.013.674	10,0	1,0	1,0	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	3,0	
I IO 9	547.667	6.015.285	10,0	1,0	1,0	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	3,0	
J IO 10	549.319	6.015.137	10,0	1,0	1,0	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	3,0	
K IO 11	549.030	6.015.555	10,0	1,0	1,0	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	3,0	
L IO 12	549.984	6.014.545	10,0	1,0	1,0	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	3,0	
M IO 13	551.455	6.014.196	10,0	1,0	1,0	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	3,0	

Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer		
		Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr	Max.Schattendauer/Tag
		[h/a]	[d/a]	[h/d]
A IO 1		46:56	111	0:38
B IO 2		23:02	70	0:32
C IO 3		25:58	41	0:55
D IO 4		39:08	79	0:34
E IO 5		54:11	106	0:51
F IO 6		39:29	119	0:32
G IO 7		35:25	99	0:32
H IO 8		47:40	120	0:41

(Fortsetzung nächste Seite)...

Lizenzierter Anwender:

T&H Ingenieure GmbH
Bremerhavener Heerstraße 10
DE-28717 Bremen
+49 (0) 421 79 400 600

Berechnet:

14.07.2022 12:52/3.5.552

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Zusatzbelastung

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

astron. max. mögl. Beschattungsdauer

Nr.	Name	Stunden/Jahr [h/a]	Schattentage/Jahr [d/a]	Max.Schattendauer/Tag [h/d]
I	IO 9	0:00	0	0:00
J	IO 10	0:00	0	0:00
K	IO 11	0:00	0	0:00
L	IO 12	141:00	135	1:36
M	IO 13	11:03	50	0:20

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal [h/a]
1	WEA 1	143:38
2	WEA 2	107:46
3	WEA 3	53:04
4	WEA 4	168:08

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.

Anlage 3
Beschattungskalender