



**Berechnung
der Rotorschattenwurfdauer
für den Betrieb von zwei
Windenergieanlagen
am Standort Wiesmoor**

Bericht-Nr. 4884-22-S1

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz



Berechnung der Rotorschattenwurfdauer für den Betrieb von zwei Windenergieanlagen am Standort Wiesmoor

Bericht Nr.: 4884-22-S1

Auftraggeber: Carpe Ventos Energie GmbH
Hauptstraße 144
26639 Wiesmoor

Auftragnehmer: IEL GmbH
Kirchdorfer Straße 26
26603 Aurich

Telefon: 04941 - 9558-0
E-Mail: mail@iel-gmbh.de

Bearbeiter: Ralf-Martin Marksfeldt
(Stellvertretender Leiter Rotorschattenwurf)

Prüfer: Sabine Schulz, Dipl.-Phys.
(Projektbearbeiterin Rotorschattenwurf)

Textteil: 23 Seiten (inkl. Deckblätter)
Anhang: 29 Seiten (inkl. Deckblätter)
CD-ROM: 310 Seiten

Datum: 25. Juli 2022

Auflistung der erstellten Berichte:

Berichtsnummer	Datum	Titel	Gegenstand / Inhaltliche Änderungen
4884-22-S1	25.07.2022	Rotorschattenwurf-berechnung	Erstgutachten für zwei geplante Windenergieanlagen

Hinweise:

Die vorliegende Ausarbeitung wurde nach bestem Wissen und Gewissen und dem aktuellen Stand der Technik unparteiisch erstellt.

Diese Ausarbeitung (Textteil und Anhang) darf nur in ihrer Gesamtheit und nur vom Auftraggeber zu dem in der Aufgabenstellung definierten Zweck verwendet werden. Eine auszugsweise Vervielfältigung und Veröffentlichung dieser Ausarbeitung ist nur mit schriftlicher Zustimmung der IEL GmbH erlaubt.

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den untersuchten Prüfgegenstand.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	5
2.	Örtliche Beschreibung	5
3.	Kartenmaterial und Koordinaten-Bezugssystem.....	6
4.	Aufgabenstellung	7
5.	Berechnungsgrundlagen	7
5.1	Sonnenstandsrechnung und geometrische Hauptgrößen	7
5.2	Blatttiefe und Beschattungsbereich.....	9
5.3	Kappungswinkel.....	9
5.4	Geometrie für WEA und IP	10
5.5	Gewächshausmodus.....	10
5.6	Hindernisse	11
5.7	Berechnungsjahr	11
5.8	Schattenwurfdauer (worst-case-Szenario)	11
6.	Astronomisch mögliche und meteorologisch wahrscheinliche Schattenwurfdauer	12
7.	Orientierungswerte.....	12
8.	Windenergieanlagen.....	13
8.1	Geplante Windenergieanlagen (Zusatzbelastung)	13
8.2	Schattenminderungsmaßnahmen des geplanten Anlagentyps	14
8.3	Weitere Windenergieanlagen bzw. Vorbelastung.....	14
9.	Immissionspunkte	16
10.	Rechenergebnisse und Beurteilung	18
10.1	Rechenergebnisse	18
10.2	Beurteilung.....	20
11.	Qualität der Ergebnisse	21
12.	Zusammenfassung.....	21
Anhang	23
Externer Anhang / CD-ROM.....		23

1. Einleitung

Am Standort Wiesmoor ist die Errichtung und der Betrieb von zwei Windenergieanlagen (WEA 01 und WEA 02) vom Anlagentyp ENERCON E115 EP3 E3 mit einer Nabenhöhe von 135,4 m und einem Rotordurchmesser von 115,7 m geplant.

Im Umfeld der geplanten WEA befinden sich diverse weitere WEA in Betrieb. Deren Relevanz für den hier zu betrachtenden Standort wird überprüft und gegebenenfalls in den Berechnungen der Vor-, und der Gesamtbelastung berücksichtigt.

Der Betrieb von Windenergieanlagen kann in ihrer Umgebung Störwirkungen durch Geräusche, Lichtreflexionen oder direkten Schattenwurf des Rotors nach sich ziehen. Die Erfüllung der Anforderungen an den Lärmschutz wird üblicherweise gesondert nachgewiesen, während sich Lichtreflexionen, der sog. "Diskoeffekt", durch die Wahl einer matten Oberfläche der Rotorblätter weitgehend vermeiden lassen. Bestimmend dafür ist der Glanzgrad gemäß DIN EN ISO 2813¹.

Die Berechnungen erfolgen mit dem Programm windPRO[®] Version 3.5. Die IEL GmbH ist ein durch die DAkkS (Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH) nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018⁶ akkreditiertes Prüflaboratorium. Die vorliegenden Berechnungen werden nach den LAI WEA-Schattenwurf-Hinweisen² vom 23.01.2020 erstellt.

2. Örtliche Beschreibung

Der geplante Standort befindet sich auf dem Gebiet der niedersächsischen Stadt Wiesmoor, im Landkreis Aurich. Die zwei geplanten Windenergieanlagen sollen östlich der Oldenburger Straße (Landesstraße L12) und südlich der Bentstreeker Straße realisiert werden.

Die nächstgelegene Wohnbebauung befindet sich rund um den Standort, im unbeplanten Außenbereich sowie entlang der Bentstreeker Straße.

Am Standort Wiesmoor befinden sich insgesamt 24 Windenergieanlagen in Betrieb, welche bei den Berechnungen als Vorbelastung berücksichtigt werden.

Im weiteren Umfeld des geplanten Standortes, an den Standorten Hinrichsfehn / Fiebing und Bentstreek / Spolsen befinden sich diverse weitere Windenergieanlagen in Betrieb. Der Einfluss dieser WEA wird nachfolgend ebenfalls geprüft.

Das Windenergieanlagen und Immissionspunkte liegen auf Höhen zwischen 10,0 m und 13,5 m ü. NN. Die minimalen Höhenunterschiede werden in Form eines digitalen Geländemodells auf Grundlage der Topographische Karte TK25 berücksichtigt.

In der nachfolgenden Karte ist das Untersuchungsgebiet dargestellt.

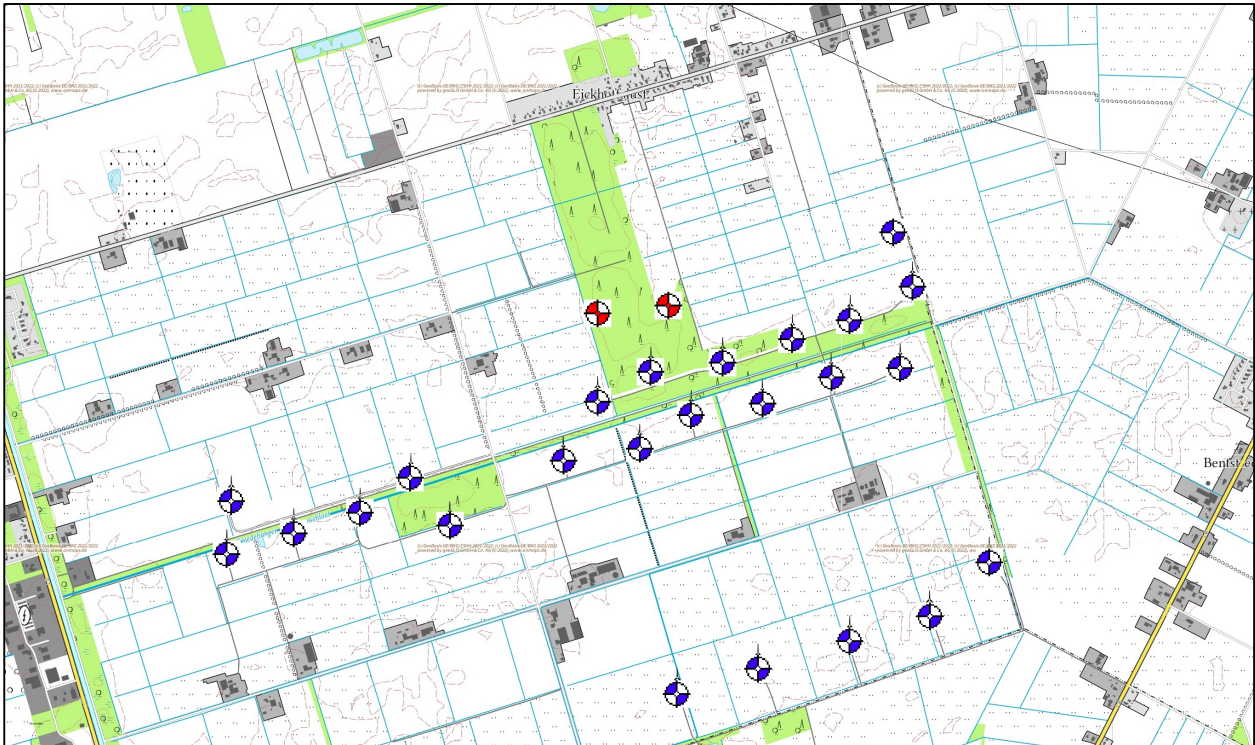


Abb. 1: Übersichtskarte (Vorbelastung [Nahbereich] = blau / Zusatzbelastung = rot)

Die Standortbegehung wurde im Juni 2022 durch einen Mitarbeiter der IEL GmbH durchgeführt. Für einen Teil der Immissionspunkte liegen Fotos vor; die Fotodokumentation dient hier lediglich internen Zwecken.

3. Kartenmaterial und Koordinaten-Bezugssystem

Die Koordinaten der geplanten Windenergieanlagen wurden vom Auftraggeber im UTM-System (ETRS89 / Zone 32) zur Verfügung gestellt.

Die Koordinaten der bestehenden Windenergieanlagen sind aus vorangegangenen Untersuchungen an diesem Standort bekannt.

Die Koordinaten der berücksichtigten Immissionspunkte wurden dem Portal WebAtlasDE (GeoBasis-DE) des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie entnommen und über die Karte des Onlineservice onmaps (geoGLIS GmbH & Co. KG) abgeglichen. Die Basis der onmaps-Karte sind ATKIS®-Daten sowie Gebäudeumringe aus dem deutschen Liegenschaftskataster (ALKIS). Programm-Koordinaten sind UTM-Koordinaten (UTM ETRS89, Zone 32) und ermöglichen somit eine Kontrolle mit dem amtlichen Kartenmaterial.

4. Aufgabenstellung

Die vorliegende Untersuchung dient der Beantwortung der Frage nach den Zeitpunkten, der Dauer sowie der Zulässigkeit möglicher Beeinträchtigungen durch Rotorschattenwurf, die durch den Betrieb der drehenden Rotoren an maßgeblichen Immissionspunkten (IP) verursacht werden.

Die hier näher zu untersuchenden Immissionen durch direkten Schattenwurf des Rotors können sich bei drehendem Rotor störend auswirken. Aus der Rotordrehzahl und der Anzahl der Rotorblätter einer Windenergieanlage ergibt sich die jeweilige Frequenz, mit der stark wechselnde Lichtverhältnisse im Schattenbereich der Rotorkreisfläche auftreten können. Die Frequenzen sind abhängig vom Windenergieanlagentyp. In der Regel handelt es sich bei vergleichbaren Anlagengrößen um niedrige Frequenzen im Bereich von etwa 0,2 - 0,6 Hz. Mit dieser Frequenz ändern sich für den Beobachter im Rotorschattenbereich die Lichtverhältnisse (hell/dunkel).

Anhand von Berechnungen lassen sich für definierte Immissionspunkte Aussagen über die möglichen Zeitpunkte treffen, an denen Rotorschattenwurf auftreten kann. Für die standortspezifischen Gegebenheiten an den Immissionspunkten wird in Tabellen aufgezeigt, wann diese Ereignisse auftreten können. Hieraus ergeben sich zunächst die astronomisch möglichen Zeiten für Rotorschattenwurf, für die jedoch ein wolkenfreier Himmel und die jeweils ungünstigste Rotorstellung vorausgesetzt wird. Tatsächlich werden die astronomisch möglichen Schattenwurfzeiten durch den Grad der Bewölkung und den windrichtungsabhängigen Azimutwinkel des Rotors deutlich reduziert.

Die astronomisch möglichen Schattenwurfzeiten werden zur Beurteilung herangezogen, indem sie Orientierungswerten für die tägliche und jährliche Dauer gegenübergestellt werden.

5. Berechnungsgrundlagen

5.1 Sonnenstandsberechnung und geometrische Hauptgrößen

Der Planet Erde rotiert einmal am Tag um seine Eigenrotationsachse, welche rechtwinklig zur Äquatorebene steht. Zusätzlich bewegt sie sich, mit einer jährlichen Umkreisung, auf einer elliptischen Bahn um die Sonne. Die Aufgabenstellung erfordert die Bestimmung der Sonnenposition für einen erdfesten Beobachter zu einem gegebenem Datum und gegebener Uhrzeit. Die Sonnenposition für einen zukünftigen Zeitpunkt ist jedoch nicht exakt zu ermitteln. Alle derzeit bekannten Algorithmen zur Bestimmung von Sonnenpositionen sind, wie auch das hier verwendete Verfahren, lediglich Näherungsverfahren, die sich auf verschiedene interpolierte Funktionen stützen und periodisch wiederkehrende Zustände beschreiben. Zur Verdeutlichung seien folgende Sachverhalte kurz genannt.

Die Rotationsachse der Erde steht nicht rechtwinklig auf der Bewegungsebene zur Sonne, sondern schräg hierzu. Die daraus resultierende Schiefe der Ekliptik ist die Neigung der Erdrotationsachse bzw. der Winkel zwischen dem Himmelsäquator und der Ekliptik ϵ . Sie beträgt ca. $23,5^\circ$. Für Beobachtungspunkte auf der Erde ergeben sich hieraus jahreszeitliche Änderungen des Winkels zwischen Himmelsäquator und

Bewegungsebene zur Sonne. Diese Änderung durchläuft innerhalb eines Jahres die positiven und negativen Maximalwerte der Ekliptik (-23.5° bis $+23.5^\circ$) und wird als Deklination **d** bezeichnet. Die Deklination erreicht jeweils am 21. Juni ihren größten und am 21. Dezember ihren kleinsten Winkel. Diese Tage sind demnach der jeweils längste bzw. kürzeste Tag eines Jahres. Die Tage, an denen die Deklination 0° beträgt und sich eine Tagundnachtgleiche ergibt, werden Frühljahrs- und Herbstäquinox genannt.

Die Bewegungsabläufe der Erde werden durch die Gravitation des Mondtrabanten sowie anderer Planeten und der Sonne beeinflusst. Diese Einflüsse, wie auch die Präzession, Nutation und Aberration, wurden von Jean Meeus³ mathematisch beschrieben.

Diese Methode ist ein tragbarer Kompromiss zwischen der Genauigkeit des Ergebnisses und dem zu dessen Erreichung zu betreibenden Rechenaufwandes, insbesondere für Flächenmatrizen. Die Berechnung des Einstrahlwinkels **h_s** der Sonne gegenüber einer waagrecht ausgerichteten Fläche ergibt sich aus dem nachfolgend dargelegten formelmäßigen Zusammenhang:

$$\sin h = \sin d \cdot \sin f + \cos d \cdot \cos f \cdot \cos H \quad \text{mit:}$$

- h** = Höhenwinkel, positive Werte über und negative unter dem Horizont,
- f** = geographische Breite des Standortes,
- d** = Deklination zwischen Sonne u. Äquatorebene sowie
- H** = lokaler Stundenwinkel für die mittlere Ortszeit (MOZ).

Zur vollständigen Positionsbestimmung wird zusätzlich der Azimutwinkel **A** benötigt, welcher, gemessen am Horizont des Immissionspunktes, den Winkel zwischen geographisch Süd und Sonne wiedergibt (der auf geographisch Nord bezogene Azimutwinkel ergibt sich aus einer Korrektur um 180°).

$$\tan A = \sin H \cdot (\cos H \cdot \sin f - \tan d \cdot \cos f)^{-1}$$

Mit den Winkeln, die sich aus vorausgehenden Gleichungen ergeben, lassen sich aus den transformierten Koordinaten der WEA für definierte Immissionspunkte die Sonnenbahnen sowie deren Verdeckung durch die Fläche des Rotors ermitteln.

Die Sonne wird bei der Berechnung der Schattenwurfzeiten als Punktquelle betrachtet. Gegenüber einer Betrachtung mit der realen Sonnengeometrie resultiert jeweils für den Beginn und das Ende der Schattenwurfdauer im Mittel eine Zeitdifferenz von ca. 1 Minute und 4 Sekunden. Diese Zeiten werden vernachlässigt, da in ihnen nur maximal die Hälfte der Sonne von der schmalen Blattspitze verdeckt wird.

Die Ermittlung des Schattenwurfs für einen Immissionspunkt basiert auf den vertikalen und horizontalen Winkeln zwischen dem Immissionsort und den jeweiligen WEA, sowie dem vertikalen und horizontalen Winkel des Sonnenstandes zu einem bestimmten Kalenderzeitpunkt an einem bestimmten Ort. Die geometrischen Hauptgrößen werden nachfolgend dargestellt.

5.2 Blatttiefe und Beschattungsbereich

Nachfolgend wird ein Berechnungsansatz dargestellt, mit dem die Schattenreichweite ermittelt wird. Sie ist als Entfernung definiert, in welcher der Schatten eines drehenden Rotors keine relevante Störung mehr liefert.

Gemäß den LAI-Hinweisen können Einwirkungen durch periodischen Schattenwurf dann sicher ausgeschlossen werden, wenn alle in Frage kommenden Immissionsorte in der Anlagenumgebung außerhalb des möglichen Beschattungsbereiches der jeweiligen WEA liegen. Der zu prüfende Bereich ergibt sich aus dem Abstand zur WEA, in welchem die Sonnenfläche gerade zu 20 % durch ein Rotorblatt verdeckt wird. Der Verdeckungsgrad hängt von der Entfernung zur WEA und von der Blatttiefe ab. Da die Blatttiefe nicht über den gesamten Flügel konstant ist, erfolgt der Rechenansatz wie üblich mit der mittleren Blatttiefe. Der LAI geht von einer 20%-Verdeckung für die Reichweitenbegrenzung² aus. Die maximale Blatttiefe, die Blatttiefe bei 90% Rotorradius sowie die daraus resultierende Schattenreichweite für den hier berücksichtigten WEA-Typ gehen aus der Tabelle 1 (Kap.8.1, geplante WEA) und dem Hauptergebnis im Anhang hervor. Zur Ermittlung der 20%-Verdeckung wird folgende Formel verwendet:

$$0,2 \cdot \mathbf{SF} = 2 \cdot \left(\left(\frac{2 \cdot \alpha \cdot \mathbf{SF}}{360} \right) + (\cos(\alpha) \cdot \sin(\alpha) \cdot \mathbf{SR}^2) \right)$$

mit:

- SR = Sonnenradius (696.000 km),
 SF = Fläche der Sonnenscheibe $\mathbf{SR}^2 \cdot \pi = 1.521.837.746.881 \text{ km}^2$ sowie
 α = Winkel zur Bestimmung des Flächenanteils.

5.3 Kappungswinkel

Für Sonnenstände unterhalb eines vertikalen Kappungswinkels von 3° über dem Horizont wirkt der Schatten nicht mehr als zu beurteilende Immission, da dann die Durchdringung der atmosphärischen Schichten eine höhere Streuung und Absorption bewirkt und den Rotorschatten dadurch stark abschwächt. Durch den Kappungswinkel wird insofern die Schattenreichweite auch über den höchsten Rotorpunkt begrenzt. Der Kappungswinkel ist im Hauptergebnis dokumentiert.

5.4 Geometrie für WEA und IP

In den Tabellen 2 und 3 (Windenergieanlagen) sowie Tabelle 4 (Immissionspunkte) werden folgende Bezeichnungen verwendet:

h_s	= Nabenhöhe der WEA ü. Geländeoberkante (GOK),
$h_s \text{ grd}; h_i \text{ grd}$	= Höhe ü. NN für WEA - Fuß- bzw. Immissionspunkt,
$h_s \text{ abs}; h_i \text{ abs}$	= Höhe ü. NN für WEA - Nabe bzw. Immissionspunkt,
h_i	= Höhe des Immissionspunktes ü. GOK,
IP	= Immissionspunkt und
Dh	= Höhendifferenz zw. Nabenhöhe der WEA und dem IP.

Die Geometrie Größen sind in der nachfolgenden Abbildung veranschaulicht.

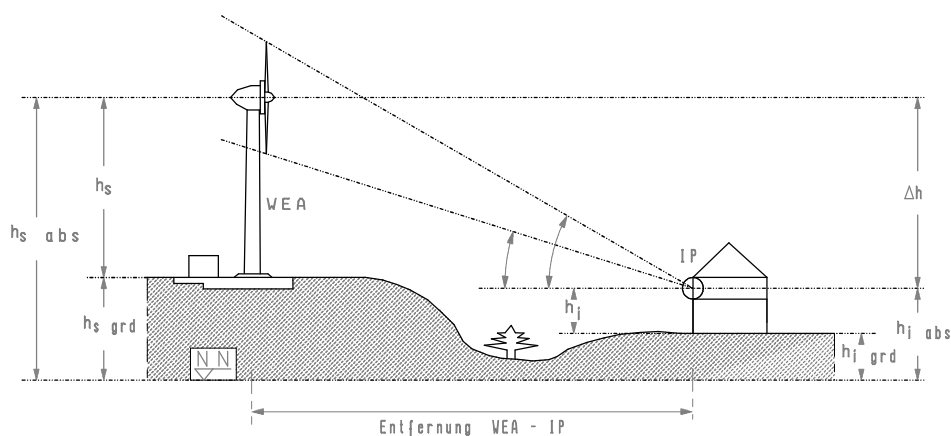


Abb. 2: Geometrische Verhältnisse, Vertikalschnitt

Bei der Ermittlung der Entfernungen zwischen den Immissionspunkten und den Windenergieanlagen bleibt der Abstand zwischen Rotorebene und Turmachse LAI-konform unberücksichtigt.

5.5 Gewächshausmodus

Bei den Berechnungen wird von frei eingestrahltten Immissionspunkten ausgegangen. Dies bedeutet, dass Verdeckungen durch Gebäudefronten am Immissionspunkt selbst, durch andere Gebäude und insbesondere durch Bewuchs unberücksichtigt bleiben.

Diese Betrachtungsweise wird auch als sog. Gewächshausmodus bezeichnet und wird allgemein als konservativ angesehen, weil die schützenswerten Gebäude in der Realität meist nur zwei Seiten mit Fenstern oder Glastüren besitzen, welche den emittierenden Windenergieanlagen zugewandt sind.

5.6 Hindernisse

Gem. LAI-Richtlinie dürfen dauerhafte natürliche und künstliche lichtundurchlässige Hindernisse, die den periodischen Schattenwurf von WEA begrenzen, berücksichtigt werden. Dies liegt in Ermessensspielraum der Genehmigungsbehörden.

Die Software windPRO berücksichtigt die Orographie über eine Sichtbarkeitsanalyse, d.h. ist die WEA vom Immissionspunkt aufgrund der Geländestruktur nicht zu sehen, so werden für diese WEA auch keine Schattenwurfzeiten berechnet.

Welche sonstigen Hindernisse gegebenenfalls berücksichtigt werden sollten, hängt davon ab, ob sicher anzunehmen ist, dass diese Hindernisse über die gesamte Lebensdauer der WEA bestehen bleiben. Im vorliegenden Fall werden keine weiteren Hindernisse berücksichtigt.

5.7 Berechnungsjahr

Gemäß LAI-Hinweisen Kap. 2 ist für das Summieren der Jahresstunden das Kalenderjahr mit 365 Tagen zugrunde zu legen.

Alle Zeitangaben werden durch die Software windPRO für ein mittleres Kalenderjahr berechnet. Eine interne Vergleichsrechnung über die mittlere Lebensdauer einer WEA von 20 Jahren ergab lediglich eine Varianz von 1 Minute bezogen auf die Start- und Endzeiten des Schattenwurfes. Bezogen auf die Beschattungsdauer an einzelnen Immissionspunkten ergaben sich hierbei minimale Schwankungen von 1 Minute pro Tag und 6 Minuten pro Jahr. Grundlage ist die Mitteleuropäische Zeit (MEZ) für die Zeitzone +1 (Paris, Berlin). Hierbei wird von der Berechnungssoftware windPRO® die Umstellung auf die im Alltag verwendete Mitteleuropäische Sommerzeit (MESZ) berücksichtigt.

5.8 Schattenwurfdauer (worst-case-Szenario)

Für alle berechneten Werte der täglichen und jährlichen Schattenwurfdauer an einem IP (Std./Jahr; Min./Tag) gelten vorgenannte Randbedingungen. Es wird für die jeweils ermittelte Dauer üblicherweise angenommen, dass die Sonne ganzjährig von Sonnenauf- bis Sonnenuntergang scheint (astronomisch möglich, worst-case) und durch Geländekanten nicht abgeschirmt wird (vgl. Kap. 5.4). Für einen IP, der weiter von einer WEA liegt, wird die astronomisch mögliche Beschattungsdauer durch die berücksichtigten Einschränkungen [siehe Kapitel 5.2 (Beschattungsbereich) und 5.3 (3°-Kappung)] gegenüber der rein geometrischen Berechnung geringfügig verringert. Es wird für jeden Zeitpunkt angenommen, dass der Sonnen-Einstrahlwinkel und die Windrichtung in Bezug auf jede WEA und jeden IP übereinstimmen, was logischerweise nie gleichzeitig so sein kann. In dieser Betrachtungsweise erscheint jede WEA quasi als verschattende Kugel und nicht als Kreisfläche, die ggf. mit denen weiterer betrachteter WEA im Umfeld weitestgehend parallel stehen müssten. Dadurch wird die reale Schattenwurfdauer in der Regel in nicht unerheblichem Maß überschätzt.

6. Astronomisch mögliche und meteorologisch wahrscheinliche Schattenwurfdauer

Die astronomisch mögliche Schattenwurfdauer stellt den theoretisch maximal möglichen Zeitraum dar, in dem Schattenwurf überhaupt auftreten kann (worst-case). Dieser Wert wird nur unter der Voraussetzung erreicht, dass die Sonne nie durch Bewölkung verdeckt wird. In der Realität fällt dieser Wert - je nach Standort - geringfügig bis deutlich niedriger aus.

Eine zweite Einschränkung wird bedingt durch die vorherrschende Windrichtung. Steht der Rotor der zu betrachtenden Windenergieanlage schräg zum Einstrahlwinkel, so wird der Schattenbereich schmaler. Abhängig von der Windstatistik und von der Ausrichtung der Immissionspunkte zu den Windenergieanlagen führt die Rotorschragstellungen zu einer Reduzierung der Schattenwurfzeiten um ca. 20 % bis 30 %.

Beide Einschränkungen werden jedoch bei den nachfolgenden Betrachtungen vernachlässigt. Dies führt zu einer konservativen Betrachtung. Statistische Daten belegen, dass die meteorologisch wahrscheinliche Rotorschattenwurfbelastung im Bereich von < 30 % der astronomisch möglichen Rotorschattenwurfzeiten liegt.

Statistische Grundlage für die Berechnung der meteorologisch wahrscheinlichen Beschattung sind die nächstgelegene DWD-Station mit Daten für die Sonnenscheinwahrscheinlichkeit Bremen sowie für die Windrichtungsverteilung der ERA5-Knotenpunkt N53,378_E07,771 (EMD-WRF EUR+).

7. Orientierungswerte

Störwirkungen werden personenbezogen mehr oder weniger stark empfunden. Aus diesem Grund hat ein vom Staatlichen Umweltamt Schleswig initiiertes Arbeitskreis umfangreiche Studien zur Bestimmung von tragbaren Immissionsgrenzen durchgeführt. Dies geschah mit bundesweiter Beteiligung von Vertretern aus Fachbehörden (Genehmigungsbehörden, Umweltämtern und Ministerien), der Universität Kiel mit einer umfassenden Feld- und Laborstudie^{4, 5} sowie unter Mitwirkung einer Reihe von Sachverständigen (u. a. IEL GmbH) und Herstellervertretern. Dieses Zusammenwirken führte zur Grundlage der vom LAI erarbeiteten Empfehlungen, die von den Ländern unverändert so erlassen wurden.

Die hier herangezogenen Orientierungswerte von maximal **30 Stunden pro Jahr (worst-case)** (vgl. Kap. 4.7) bzw. von **maximal 30 Minuten pro Tag** entsprechen dem Stand der Technik und der Wissenschaft. Sie kommen gemäß der Empfehlung des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) bundesweit für die maßgeblichen Immissionsorte (vgl. Abschnitt 6) zur Anwendung.

Wird die Beurteilung oder werden behördliche Maßgaben für den Betrieb der Windenergieanlagen auf die real auftretende Rotorschattenwurfdauer abgestellt, so gilt ein zulässiger Orientierungswert von 8 Stunden Schattenwurf pro Jahr (real). Hinsichtlich der Einhaltung von Vorgaben sind in diesem Fall Betriebsprotokolle mit allen adäquaten Betriebsparametern vorzulegen.

8. Windenergieanlagen

Am Standort Wiesmoor ist die Errichtung und der Betrieb von zwei Windenergieanlagen (WEA 01 und WEA 02) vom Anlagentyp ENERCON E115 EP3 E3 mit einer Nabenhöhe von 135,4 m und einem Rotordurchmesser von 115,7 m geplant.

Die Dokumentation der weiteren WEA bzw. der als Vorbelastung (VB) zu berücksichtigenden Windenergieanlagen wird in Kap. 8.3 beschrieben. Das Zusammenwirken der Vor- und Zusatzbelastung führt zur Gesamtbelastung (GB).

Die Lage der geplanten und der benachbarten Windenergieanlagen ist einer Übersichtskarte im Anhang zu entnehmen.

8.1 Geplante Windenergieanlagen (Zusatzbelastung)

In Tabelle 1 sind die für die Schattenwurfberechnungen maßgeblichen technischen Angaben für den vom Auftraggeber geplanten Anlagentyp zusammengefasst.

Anlagentyp	Nabenhöhe [m]	Rotordurchmesser [m]	Max. Blatttiefe [m]	Blatttiefe bei 90% Rotorradius [m]	Rotorschattenreichweite (RSRW) [m]
ENERCON E-115 EP3 E3	135,4	115,7	3,60	1,19	1.626

Tabelle 1: Technische Angaben des geplanten Anlagentyps

Die Koordinaten und Abmessungen der vom Auftraggeber geplanten WEA sind der nachfolgenden Tabelle 2 zu entnehmen.

Geplante Windenergieanlagen (Zusatzbelastung)							
WEA-Nr.	Anlagentyp	UTM ETRS89, Zone 32		h _s grd [m]	h _s [m]	h _s abs [m]	Rotor \varnothing [m]
		Rechtswert	Hochwert				
WEA 01	ENERCON E-115 EP3 E3	419.384	5.916.100	12,5	135,4	147,9	115,7
WEA 02	ENERCON E-115 EP3 E3	419.694	5.916.130	12,0	135,4	147,4	115,7

Tabelle 2: Daten der geplanten WEA, Koordinaten und Abmessungen

8.2 Schattenminderungsmaßnahmen des geplanten Anlagentyps

Es gibt grundsätzlich zwei unterschiedlich arbeitende Systeme am Markt. Zum einen gibt es Systeme, welche mit festen anlagenbezogenen Abschaltzeiten arbeiten. Hierfür wird vor Inbetriebnahme der geplanten Windenergieanlagen ein Abschaltzeitkalender erstellt. Dieser gibt für die betroffenen Windenergieanlagen die Einzeltage / Tagfolgen und die Uhrzeiten der erforderlichen Abschaltungen an. Dabei beziehen sich die Abschaltzeiten auf die worst-case-Beurteilung mit einem Orientierungswert von 30 Stunden pro Jahr (astronomisch möglich) und projektspezifisch auf einzelne bzw. alle geplanten Windenergieanlagen. Andere Systeme arbeiten mit dem kompletten Datensatz (alle Koordinaten der Windenergieanlagen und Immissionspunkte) und berechnen kontinuierlich, ob an den einzelnen Immissionspunkten Schattenwurf vorliegt. Sofern dies der Fall ist, wird je Immissionspunkt bis zum Erreichen des Orientierungswertes von realen 8 Stunden Schattenwurf pro Jahr der Betrieb der Anlage(n) aufrechterhalten, danach erfolgt bei Schattenwurf die Abschaltung. Der Betrieb von Anlagen, die mit diesem System arbeiten, ist i.d.R. zu protokollieren.

Der hier berücksichtigte Anlagentyp ENERCON E-115 EP3 E3 / 4,2 MW verwendet einen Datensatz mit anlagenbezogenen Abschaltzeiten. Ein entsprechendes Dokument (Technische Beschreibung / Schattenabschaltung ENERCON Windenergieanlagen EP1, EP2, EP3, EP4 / Dokument-ID.: D0229982-5 / 18.02.2020) ist dem Anhang zu entnehmen.

8.3 Weitere Windenergieanlagen bzw. Vorbelastung

Die Daten der als Vorbelastung zu berücksichtigenden Windenergieanlagen sind der nachfolgend aufgeführten Tabelle 3 zu entnehmen. Die dargestellten Höhen sind in Kap. 5.4 erläutert.

Weitere Windenergieanlagen bzw. Vorbelastung							
WEA-Nr.	Anlagentyp	UTM ETRS89, Zone 32		h _s grd [m]	h _s [m]	h _s abs [m]	Rotor Æ [m]
		Rechtswert	Hochwert				
VB 01	ENERCON E-82 2,0 MW	417.744	5.915.080	12,5	108,4	120,9	82,0
VB 02	ENERCON E-82 2,0 MW	418.039	5.915.166	12,5	108,4	120,9	82,0
VB 03	ENERCON E-82 2,0 MW	418.331	5.915.251	12,5	108,4	120,9	82,0
VB 04	ENERCON E-82 2,0 MW	420.099	5.915.696	12,1	108,4	120,5	82,0
VB 05	ENERCON E-82 2,0 MW	420.233	5.915.974	11,3	108,4	119,7	82,0
VB 06	ENERCON E-82 2,0 MW	420.403	5.915.804	12,0	108,4	120,4	82,0
VB 07	ENERCON E-82 2,0 MW	420.486	5.916.052	11,3	108,4	119,7	82,0
VB 08	ENERCON E-82 2,0 MW	420.703	5.915.840	12,3	108,4	120,7	82,0

WEA-Nr.	Anlagentyp	UTM ETRS89, Zone 32		h _s grd [m]	h _s [m]	h _s abs [m]	Rotor Æ [m]
		Rechtswert	Hochwert				
VB 09	ENERCON E-82 2,0 MW	420.763	5.916.193	11,2	108,4	119,6	82,0
VB 10	ENERCON E-82 E2 2,3 MW	419.702	5.914.438	12,5	108,4	120,9	82,0
VB 11	ENERCON E-82 E2 2,3 MW	420.060	5.914.542	12,8	108,4	121,2	82,0
VB 12	ENERCON E-82 E2 2,3 MW	420.462	5.914.656	13,2	108,4	121,6	82,0
VB 13	ENERCON E-82 E2 2,3 MW	418.553	5.915.400	12,5	108,4	120,9	82,0
VB 14	ENERCON E-82 E2 2,3 MW	418.724	5.915.187	12,5	108,4	120,9	82,0
VB 15	ENERCON E-82 E2 2,3 MW	419.225	5.915.462	12,5	108,4	120,9	82,0
VB 16	ENERCON E-82 E2 2,3 MW	419.559	5.915.508	12,5	108,4	120,9	82,0
VB 17	ENERCON E-82 E2 2,3 MW	419.786	5.915.651	12,5	108,4	120,9	82,0
VB 18	ENERCON E-82 E2 2,3 MW	419.378	5.915.717	12,5	108,4	120,9	82,0
VB 19	ENERCON E-82 E2 2,3 MW	419.612	5.915.842	12,5	108,4	120,9	82,0
VB 20	ENERCON E-82 E2 2,3 MW	419.928	5.915.878	12,0	108,4	120,4	82,0
VB 21	ENERCON E-82 E2 2,3 MW	421.079	5.914.988	13,5	108,4	121,9	82,0
VB 22	ENERCON E-82 E2 2,3 MW	420.815	5.914.758	13,5	108,4	121,9	82,0
VB 23	ENERCON E-115 3,0 MW	417.769	5.915.313	12,5	135,4	147,9	115,7
VB 24	ENERCON E-115 3,0 MW	420.682	5.916.432	10,1	135,4	145,5	115,7

Tabelle 3: Daten der weiteren WEA bzw. der Vorbelastung, Koordinaten und Abmessungen

Im weiteren Umfeld der vom Antragsteller geplanten WEA befinden sich diverse weitere Windenergieanlagen im Betrieb.

Im Zuge des vorliegenden Berichtes wurde der Einfluss eines Windparks in Hinrichsfehn und eines Windparks in Bentstreek auf den hier zu untersuchenden Standort geprüft. Die Überprüfung ergab dass diese WEA keinen gemeinsamen Rotorschattenwurf (s. Abb. 3) verursachen. Daher bleiben diese WEA bei den nachfolgenden Berechnungen unberücksichtigt.

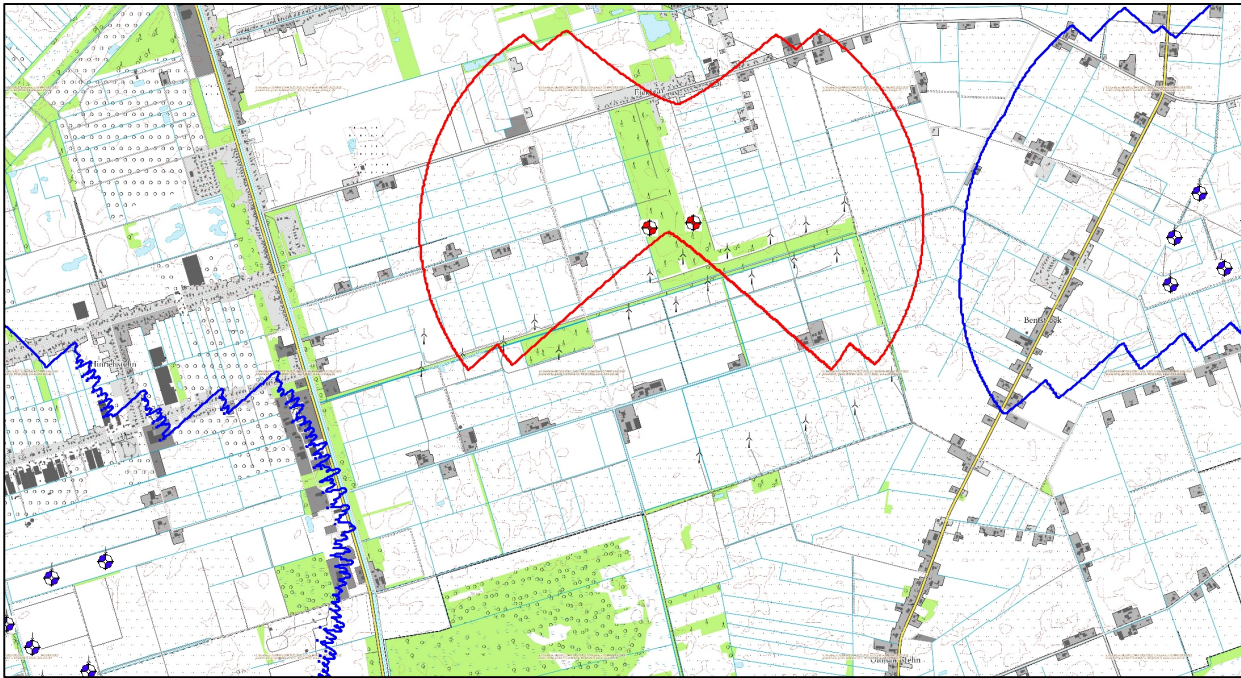


Abb. 3: Beschattungsbereiche der Zusatzbelastung (Rot) und der weiter entfernt bestehenden WEA in Hinrichsfehn sowie Bentstreek (Blau)

9. Immissionspunkte

Die zu berücksichtigenden Immissionspunkte (IP) stellen die nächstgelegene schutzwürdige Nutzung dar, an denen Überschreitungen der Orientierungswerte nicht auszuschließen sind.

Laut den WEA-Schattenwurf-Hinweisen² vom Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) sind maßgebliche Immissionsorte u. a.:

- Wohnräume, einschließlich Wohndielen
- Schlafräume, einschließlich Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten und Bettenräume in Krankenhäusern und Sanatorien
- Unterrichtsräume in Schulen, Hochschulen und ähnlichen Einrichtungen
- Büroräume, Praxisräume, Arbeitsräume, Schulungs- und ähnliche Arbeitsräume
- Direkt an Gebäuden beginnende Außenflächen (z.B. Terrassen und Balkone) sind schutzwürdigen Räumen tagsüber zwischen 06:00 - 22:00 Uhr gleichgestellt.

In der nachfolgenden Tabelle 4 sind die Bezeichnung und die Koordinaten der Immissionspunkte zusammengefasst. Die vertikale Lage wurde entsprechend der örtlichen Gegebenheiten mit 2 m Höhe über Geländeoberkante (h_i abs) angesetzt. Die Immissionspunkte werden mit einer Ausdehnung von 0,1x0,1 m berücksichtigt.

Die Berechnung für Punkte gem. LAI-Hinweisen ist gängige Praxis, da nur so eine Vergleichbarkeit von Ergebnissen für Belastungen an unterschiedlichen Orten oder aus anderen Gutachten gegeben ist.

IP-Nr.	Adresse	UTM ETRS89, Zone 32		h _i grad [m]	h _i [m]	h _i abs [m]
		Rechtswert	Hochwert			
IP 01	Bentstreeker Str. 11	419.035	5.916.940	12,5	2,0	14,5
IP 02	Bentstreeker Str. 15	419.083	5.916.954	12,5	2,0	14,5
IP 03	Bentstreeker Str. 17	419.105	5.916.959	12,5	2,0	14,5
IP 04	Bentstreeker Str. 19	419.121	5.916.974	12,5	2,0	14,5
IP 05	Bentstreeker Str. 21	419.148	5.916.971	12,5	2,0	14,5
IP 06	Bentstreeker Str. 23	419.166	5.916.976	12,5	2,0	14,5
IP 07	Bentstreeker Str. 25	419.193	5.916.983	12,5	2,0	14,5
IP 08	Bentstreeker Str. 27	419.215	5.916.988	12,5	2,0	14,5
IP 09	Bentstreeker Str. 29	419.238	5.916.993	12,5	2,0	14,5
IP 10	Bentstreeker Str. 31	419.266	5.917.001	12,5	2,0	14,5
IP 11	Bentstreeker Str. 33	419.288	5.917.007	12,5	2,0	14,5
IP 12	Bentstreeker Str. 35	419.308	5.917.018	12,5	2,0	14,5
IP 13	Bentstreeker Str. 37	419.337	5.917.027	12,5	2,0	14,5
IP 14	Bentstreeker Str. 39	419.355	5.917.036	12,5	2,0	14,5
IP 15	Bentstreeker Str. 8	419.403	5.916.982	12,5	2,0	14,5
IP 16	Bentstreeker Str. 10	419.423	5.916.985	12,5	2,0	14,5
IP 17	Bentstreeker Str. 12	419.442	5.916.990	12,4	2,0	14,4
IP 18	Bentstreeker Str. 85	420.019	5.917.216	10,5	2,0	12,5
IP 19	Bentstreeker Str. 85a	420.038	5.917.216	10,5	2,0	12,5
IP 20	Bentstreeker Str. 87	420.058	5.917.223	10,4	2,0	12,4
IP 21	Bentstreeker Str. 89	420.094	5.917.232	10,3	2,0	12,3
IP 22	Bentstreeker Str. 89a	420.104	5.917.235	10,3	2,0	12,3
IP 23	Bentstreeker Str. 91	420.144	5.917.245	10,2	2,0	12,2
IP 24	Bentstreeker Str. 93	420.163	5.917.251	10,1	2,0	12,1
IP 25	Bentstreeker Str. 95	420.211	5.917.264	10,0	2,0	12,0
IP 26	Bentstreeker Str. 97	420.230	5.917.269	10,0	2,0	12,0
IP 27	Bentstreeker Str. 99	420.263	5.917.273	10,0	2,0	12,0
IP 28	Bentstreeker Str. 101	420.415	5.917.317	10,0	2,0	12,0
IP 29	Bentstreeker Str. 78	420.445	5.917.277	10,0	2,0	12,0
IP 30	Bentstreeker Str. 52	420.116	5.917.185	10,3	2,0	12,3
IP 31	Bentstreeker Str. 50	420.069	5.917.168	10,4	2,0	12,4
IP 32	Klosterweg 35	420.071	5.917.006	10,5	2,0	12,5
IP 33	Klosterweg 37	420.097	5.916.929	10,4	2,0	12,4
IP 34	Klosterweg 38	420.041	5.916.908	10,6	2,0	12,6
IP 35	Klosterweg 40	420.054	5.916.849	10,6	2,0	12,6
IP 36	Klosterweg 42	420.083	5.916.781	10,1	2,0	12,1
IP 37	Klosterweg 39	420.126	5.916.802	10,3	2,0	12,3
IP 38	Klosterweg 44	420.132	5.916.660	10,0	2,0	12,0
IP 39	Klosterweg 44a	420.053	5.916.637	10,0	2,0	12,0
IP 40	Rebhuhnweg 13	420.596	5.915.304	13,0	2,0	15,0
IP 41	Rebhuhnweg 11	420.428	5.915.292	12,9	2,0	14,9
IP 42	Klosterweg 75	418.855	5.915.871	12,5	2,0	14,5
IP 43	Fasanenweg 8	418.644	5.916.042	12,5	2,0	14,5
IP 44	Klosterweg 6	418.299	5.915.949	12,5	2,0	14,5

IP-Nr.	Adresse	UTM ETRS89, Zone 32		h _i grd [m]	h _i [m]	h _i abs [m]
		Rechtswert	Hochwert			
IP 45	Klosterweg 4	417.994	5.915.860	12,5	2,0	14,5
IP 46	Klosterweg 2	417.968	5.915.838	12,5	2,0	14,5
IP 47	Klosterweg 5	417.951	5.915.924	12,5	2,0	14,5
IP 48	Birkhahnweg 76	418.573	5.916.610	12,5	2,0	14,5
IP 49	Birkhahnweg 76a	418.563	5.916.669	12,5	2,0	14,5

Tabelle 4: Koordinaten der zu berücksichtigenden Immissionspunkte

10. Rechenergebnisse und Beurteilung

Die hier nachfolgenden Ergebnisse gelten für explizit gewählte und frei eingestrahle Einzelpunkte (Gewächshausmodus), ganzjährig unbewölkten Himmel und die jeweils ungünstigste Rotorstellung (worst-case).

Die Koordinaten der untersuchten Immissionspunkte wurden mittels des vorliegenden Kartenmaterials ermittelt. Hierbei sind geringfügige Abweichungen von bis zu ca. 5 m zu erwarten, welche erfahrungsgemäß in den meisten Situationen keinen relevanten Einfluss auf die zu beurteilende Schattenwurfedauer haben, sondern hauptsächlich eine zeitliche Verschiebung der Schattenwurfereignisse bewirken. Diese liegt bei den gegebenen Abständen zwischen WEA und IP erfahrungsgemäß nicht über zwei bis drei Minuten.

10.1 Rechenergebnisse

Die Berechnungsergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst. Bei der Überschreitung von Orientierungswerten sind die Ergebnisse jeweils grau unterlegt.

IP-Nr.	Adresse	Vorbelastung		Zusatzbelastung		Gesamtbelastung	
		Stunden pro Jahr [h:min/a]	Max. Std. pro Tag [h:min/d]	Stunden pro Jahr [h:min/a]	Max. Std. pro Tag [h:min/d]	Stunden pro Jahr [h:min/a]	Max. Std. pro Tag [h:min/d]
IP 01	Bentstreeker Str. 11	17:36	00:16	43:28	00:43	55:23	00:50
IP 02	Bentstreeker Str. 15	16:18	00:16	39:59	00:46	51:27	00:54
IP 03	Bentstreeker Str. 17	15:31	00:16	37:39	00:46	49:16	00:54
IP 04	Bentstreeker Str. 19	13:45	00:17	32:51	00:43	43:59	00:50
IP 05	Bentstreeker Str. 21	13:03	00:17	30:31	00:41	42:01	00:48
IP 06	Bentstreeker Str. 23	11:48	00:17	27:21	00:36	38:29	00:43
IP 07	Bentstreeker Str. 25	09:51	00:17	24:40	00:29	34:31	00:32
IP 08	Bentstreeker Str. 27	10:20	00:17	22:55	00:30	33:15	00:32
IP 09	Bentstreeker Str. 29	11:09	00:18	20:56	00:29	32:05	00:33
IP 10	Bentstreeker Str. 31	15:26	00:18	17:45	00:28	33:11	00:33
IP 11	Bentstreeker Str. 33	17:04	00:18	15:26	00:27	32:30	00:33
IP 12	Bentstreeker Str. 35	19:15	00:18	12:17	00:24	31:32	00:34
IP 13	Bentstreeker Str. 37	20:21	00:19	08:42	00:21	29:03	00:35
IP 14	Bentstreeker Str. 39	20:07	00:19	06:03	00:18	26:10	00:32
IP 15	Bentstreeker Str. 8	24:42	00:19	09:59	00:23	34:41	00:42
IP 16	Bentstreeker Str. 10	24:35	00:20	07:58	00:21	32:33	00:41
IP 17	Bentstreeker Str. 12	26:48	00:21	05:45	00:18	32:33	00:38

IP-Nr.	Adresse	Vorbelastung		Zusatzbelastung		Gesamtbelastung	
		Stunden pro Jahr [h:min/a]	Max. Std. pro Tag [h:min/d]	Stunden pro Jahr [h:min/a]	Max. Std. pro Tag [h:min/d]	Stunden pro Jahr [h:min/a]	Max. Std. pro Tag [h:min/d]
IP 18	Bentstreeker Str. 85	30:53	00:27	01:10	00:08	32:03	00:27
IP 19	Bentstreeker Str. 85a	32:49	00:28	02:24	00:10	35:13	00:32
IP 20	Bentstreeker Str. 87	32:35	00:28	03:17	00:12	35:52	00:37
IP 21	Bentstreeker Str. 89	31:13	00:29	04:52	00:15	36:05	00:40
IP 22	Bentstreeker Str. 89a	30:50	00:29	05:11	00:15	36:01	00:39
IP 23	Bentstreeker Str. 91	30:08	00:30	06:49	00:17	36:57	00:44
IP 24	Bentstreeker Str. 93	29:03	00:30	07:29	00:18	36:32	00:47
IP 25	Bentstreeker Str. 95	25:47	00:30	09:03	00:19	34:50	00:49
IP 26	Bentstreeker Str. 97	24:02	00:30	09:42	00:19	33:44	00:49
IP 27	Bentstreeker Str. 99	21:38	00:30	10:59	00:19	32:37	00:49
IP 28	Bentstreeker Str. 101	03:31	00:14	13:57	00:23	17:28	00:37
IP 29	Bentstreeker Str. 78	07:11	00:20	21:25	00:32	28:36	00:52
IP 30	Bentstreeker Str. 52	35:07	00:30	10:33	00:20	45:40	00:46
IP 31	Bentstreeker Str. 50	33:53	00:29	09:22	00:19	43:15	00:40
IP 32	Klosterweg 35	37:32	00:33	33:48	00:47	71:20	00:58
IP 33	Klosterweg 37	36:03	00:35	49:22	00:50	85:25	01:04
IP 34	Klosterweg 38	32:06	00:34	51:39	00:54	83:45	00:59
IP 35	Klosterweg 40	42:25	00:35	56:54	00:55	99:19	01:05
IP 36	Klosterweg 42	56:47	00:40	63:40	00:58	120:27	01:14
IP 37	Klosterweg 39	48:36	00:40	58:56	00:54	107:32	01:13
IP 38	Klosterweg 44	104:51	01:23	54:47	01:03	158:45	01:23
IP 39	Klosterweg 44a	94:59	01:14	70:42	01:10	165:13	01:20
IP 40	Rebhuhnweg 13	112:06	01:02	16:41	00:20	128:47	01:02
IP 41	Rebhuhnweg 11	118:32	00:46	00:58	00:07	119:30	00:53
IP 42	Klosterweg 75	173:09	01:36	66:21	00:48	238:54	01:36
IP 43	Fasanenweg 8	76:32	00:48	27:29	00:38	104:01	00:48
IP 44	Klosterweg 6	98:22	01:11	12:35	00:25	110:57	01:11
IP 45	Klosterweg 4	116:58	01:15	06:42	00:19	123:40	01:15
IP 46	Klosterweg 2	125:17	01:18	06:32	00:19	131:49	01:18
IP 47	Klosterweg 5	91:00	01:11	06:12	00:19	97:12	01:11
IP 48	Birkhahnweg 76	22:10	00:18	22:13	00:42	44:23	00:42
IP 49	Birkhahnweg 76a	22:21	00:17	21:30	00:38	43:37	00:39

Tabelle 5: Astronomisch mögliche Schattenwurfdauer

Detailliertere Ergebnisse der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung können den Listen des Anhangs sowie der beigefügten CD-ROM entnommen werden. Im Anhang befinden sich auch zwei flächendeckende Darstellungen der Zusatz- und der Gesamtbelastung mit Isolinien für die herangezogenen Orientierungswerte. Für nicht explizit betrachtete Einwirkorte kann der entsprechende Jahreswert (Stunden/Jahr) diesen Darstellungen grob entnommen werden.

Dem Anhang sind neben den in Tabelle 5 aufgeführten astronomisch möglichen Rotorschattenwurfzeiten (worst-case) die auf Grundlage statistischer Langzeitdaten (Windrichtungsverteilung und Sonnenscheindauer) ermittelten meteorologisch wahrscheinlichen Rotorschattenwurfzeiten zu entnehmen. Diese dienen nicht als Entscheidungsgrundlage bezüglich des Erfordernisses von Minderungsmaßnahmen. Sie

sollen dem Auftraggeber lediglich ein Überblick über die im Mittel zu erwartenden Abschaltzeiten ermöglichen.

Hinweis: Bei Windparks mit verschiedenen Anlagentypen in der Vor- und der Zusatzbelastung kann es in Einzelfällen passieren, dass die meteorologisch wahrscheinlichen summierten Rotorschattenwurfzeiten der geplanten WEA innerhalb der Berechnung der Gesamtbelastung (s. Hauptergebnis Gesamtbelastung) anders ausfallen als innerhalb der Berechnung der Zusatzbelastung allein. Der Grund hierfür liegt in einer programmbedingten Mittelung der Anlauf- und Abschaltwindgeschwindigkeiten der unterschiedlichen Anlagentypen. Zur Beurteilung der meteorologisch wahrscheinlichen Abschaltzeiten sollten daher die berechneten Zeiten der Zusatzbelastung herangezogen werden.

10.2 Beurteilung

Zur Festsetzung der maximal zulässigen Rotorschattenwurfdauer bieten die vom LAI empfohlenen Beurteilungskriterien und Orientierungswerte von 30 Minuten/Tag und 30 Stunden/Jahr einen sinnvollen Rahmen.

Die Berechnungsergebnisse in Tabelle 5 zeigen, dass an den Immissionspunkten IP 18 bis IP 23 sowie IP 30 bis IP 47 die zulässigen Orientierungswerte bereits durch die Vorbelastung überschritten werden. An den Immissionspunkten IP 24 bis IP 27 wird das Tagesmaximum an Einzeltagen ausgeschöpft.

Bei einer Ausschöpfung bzw. Überschreitung der Orientierungswerte durch die Vorbelastung ist sicherzustellen, dass der Betrieb der neu geplanten Windenergieanlagen (Zusatzbelastung) zu keiner Erhöhung der Rotorschattenwurfdauer führt.

An den Immissionspunkte IP 01 bis IP 17, IP 24 bis IP 29 sowie IP 48 und IP 49 werden die zulässigen Orientierungswerte durch die Zusatzbelastung überschritten bzw. die Vorbelastung so weit angehoben, dass die Orientierungswerte überschritten werden. An diesen Immissionspunkten ist die Zusatzbelastung so zu reduzieren, dass die Orientierungswerte (30 Minuten/Tag und 30 Stunden/Jahr worst-case bzw. 8 Stunden/Jahr real) eingehalten werden.

Aufgrund der Überschreitungen der Orientierungswerte wird empfohlen, die geplanten WEA mit einer entsprechenden technischen Einrichtung (sog. Abschaltmodul, vgl. Abschnitt 8.2) auszurüsten.

Hinweis:

Die dargestellten Ergebnisse sowie die Beurteilung gelten ausschließlich für die hier betrachtete Anlagenkonfiguration. Sollten sich Änderungen hinsichtlich der zu berücksichtigenden Planung, der Vorbelastung bzw. der zu beurteilenden Immissionspunkte ergeben, sind die ermittelten Ergebnisse nicht mehr gültig und es sind neue Berechnungen notwendig.

11. Qualität der Ergebnisse

Gemäß den LAI-Hinweisen sollte die Grundgenauigkeit der in die Prognose eingehenden geometrischen Parameter ± 3 m bis ± 10 m betragen. Dies wird in Prognosen der IEL GmbH durch das verwendete hochwertige Kartenmaterial (ATKIS-Daten über den onmaps-Dienst und ALKIS-Daten der Vermessungsämter, Höhenmodell) gewährleistet.

Des Weiteren soll die Bestimmung der Schattenwurfzeiten an einer Genauigkeit von 1 Minute pro Tag orientiert sein. Mit der verwendeten Software windPRO[®] werden die Schattenwurfzeiten mit einer Auflösung von 1 Minute berechnet.

12. Zusammenfassung

Am Standort Wiesmoor ist die Errichtung und der Betrieb von zwei Windenergieanlagen (WEA 01 und WEA 02) vom Anlagentyp ENERCON E115 EP3 E3 mit einer Nabenhöhe von 135,4 m und einem Rotordurchmesser von 115,7 m geplant.

Aufgabe des vorliegenden Berichts war die Untersuchung der Zeitpunkte, der Dauer sowie der Zulässigkeit möglicher Beeinträchtigungen durch Rotorschattenwurf.

Die Berechnungsergebnisse in der Tabelle 5 zeigen, dass an den Immissionspunkten IP 18 bis IP 23 sowie IP 30 bis IP 47 die zulässigen Orientierungswerte bereits durch die Vorbelastung überschritten werden. An den Immissionspunkten IP 24 bis IP 27 wird das Tagesmaximum an Einzeltagen ausgeschöpft.

Bei einer Ausschöpfung bzw. Überschreitung der Orientierungswerte durch die Vorbelastung ist sicherzustellen, dass der Betrieb der neu geplanten Windenergieanlagen (Zusatzbelastung) zu keiner Erhöhung der Rotorschattenwurfdauer führt.

An den Immissionspunkte IP 01 bis IP 17, IP 24 bis IP 29 sowie IP 48 und IP 49 werden die zulässigen Orientierungswerte durch die Zusatzbelastung überschritten bzw. die Vorbelastung so weit angehoben, dass die Orientierungswerte überschritten werden. An diesen Immissionspunkten ist die Zusatzbelastung so zu reduzieren, dass die Orientierungswerte (30 Minuten/Tag und 30 Stunden/Jahr worst-case bzw. 8 Stunden/Jahr real) eingehalten werden.

Aufgrund der Überschreitungen der Orientierungswerte wird empfohlen, die geplanten WEA mit einer entsprechenden technischen Einrichtung (sog. Abschaltmodul, vgl. Abschnitt 8.2) auszurüsten.

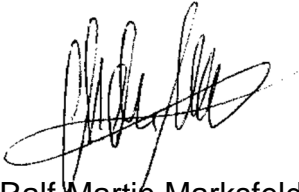
Je nach festgelegten Orientierungswerten (worst-case bzw. reale Schattenwurfdauer) und Spezifikation des Abschaltmoduls sind weitere Nachweise (Erstellung eines Abschaltzeitenkalenders vor Inbetriebnahme bzw. Betriebsprotokolle nach Inbetriebnahme) erforderlich.

Unter Berücksichtigung der vorgeschlagenen Vermeidungseinrichtung ist das Vorhaben aus gutachterlicher Sicht in Bezug auf beweglichen Schattenwurf genehmigungsfähig.

Der vorliegende Bericht zur Rotorschattenwurfberechnung umfasst 23 Textseiten und die im Anhangsverzeichnis aufgeführten Karten, Diagramme und Listen. Er darf nur in seiner Gesamtheit verwendet werden.

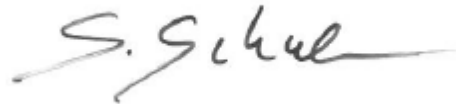
Aurich, 25. Juni 2022

Bericht verfasst durch



Ralf-Martin Marksfeldt
(Stellvertretender Leiter Rotorschattenwurf)

Geprüft und freigegeben durch



Sabine Schulz, Dipl.-Phys.
(Projektbearbeiterin Rotorschattenwurf)

Anhang

Übersichtskarten:

Berücksichtigte Windenergieanlagen (1 Seite / A3)

Geplante Windenergieanlagen und Immissionspunkte (1 Seite / A3)

Flächendeckende Darstellung „Zusatzbelastung“

„Astronomisch mögliche Rotorschattenwurfdauer“ (1 Seite / A3)

Flächendeckende Darstellung „Gesamtbelastung“

„Astronomisch mögliche Rotorschattenwurfdauer“ (1 Seite / A3)

Berechnungsergebnisse / Vorbelastung

Shadow - Hauptergebnis (4 Seiten)

Berechnungsergebnisse / Zusatzbelastung

Shadow - Hauptergebnis (3 Seiten)

Berechnungsergebnisse / Gesamtbelastung

Shadow - Hauptergebnis (4 Seiten)

Technische Dokumentation

Technische Dokumentation / Schattenabschaltung ENERCON Windenergieanlagen EP1, EP2, EP3, EP4 / Dokument-ID.: D0229982-5 / 18.02.2020 (5 Seiten)

Literaturverzeichnis (1 Seite)

Externer Anhang / CD-ROM

Berechnungsergebnisse / Vorbelastung

Shadow - Kalender IP (87 Seiten)

Shadow - Kalender WEA (35 Seiten)

Berechnungsergebnisse / Zusatzbelastung

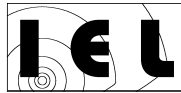
Shadow - Kalender IP (58 Seiten)

Shadow - Kalender WEA (4 Seiten)

Berechnungsergebnisse / Gesamtbelastung

Shadow - Kalender IP (87 Seiten)

Shadow - Kalender WEA (39 Seiten)

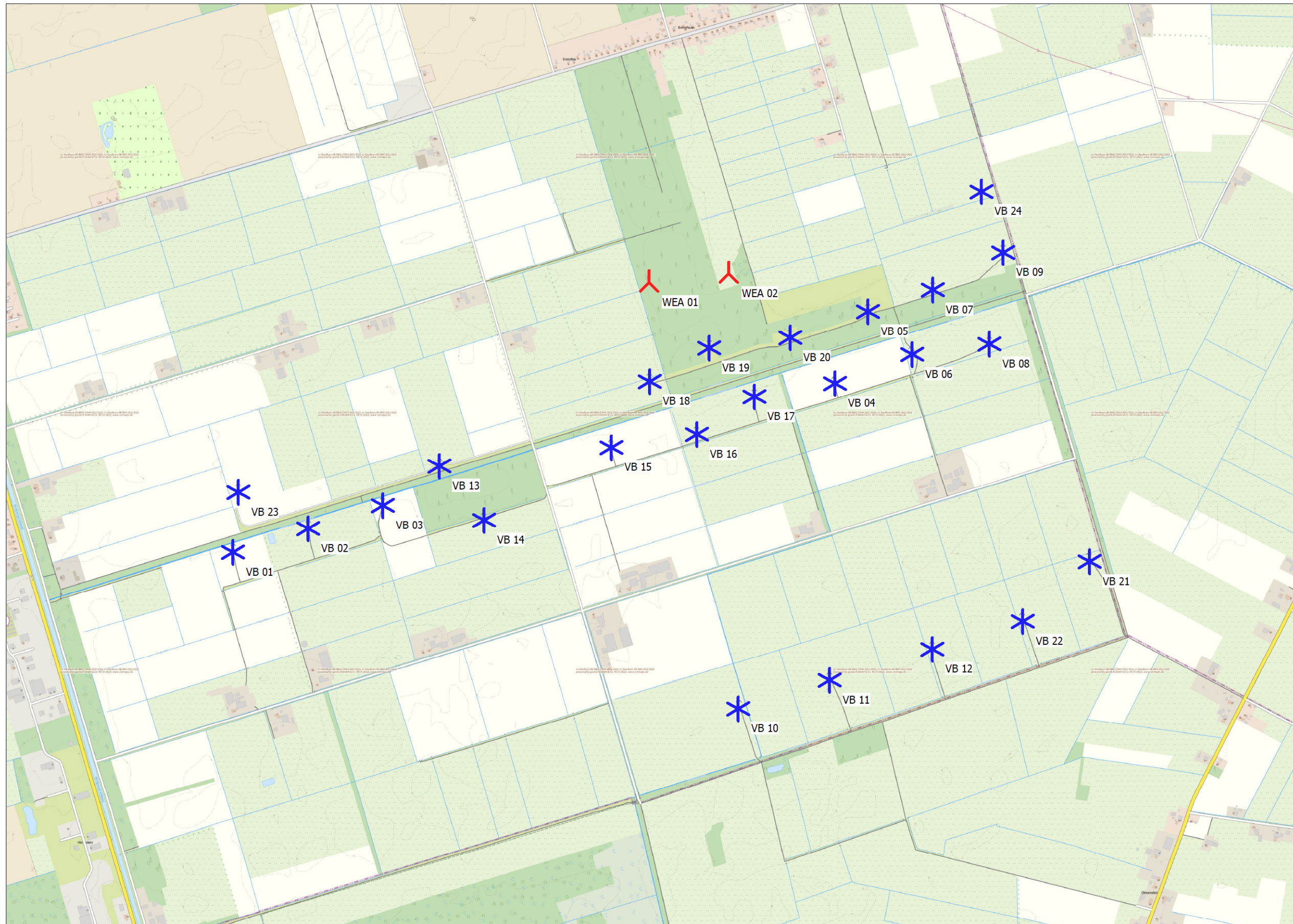


Übersichtskarte

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz

Projekt:
Wiesmoor
4884-22-S1

Beschreibung:
Berücksichtigte
Windenergieanlagen



BASIS -
Karte
Berechnung:
Übersichtskarte 1

Lizenzierter Anwender:
IEL GmbH
Kirchdorfer Straße 26
DE-26603 Aurich
+49 4941 9558 0
RMM / mail@iel-gmbh.de
Berechnet:
21.07.2022 14:00/3.5.584



0 250 500 750 1000m

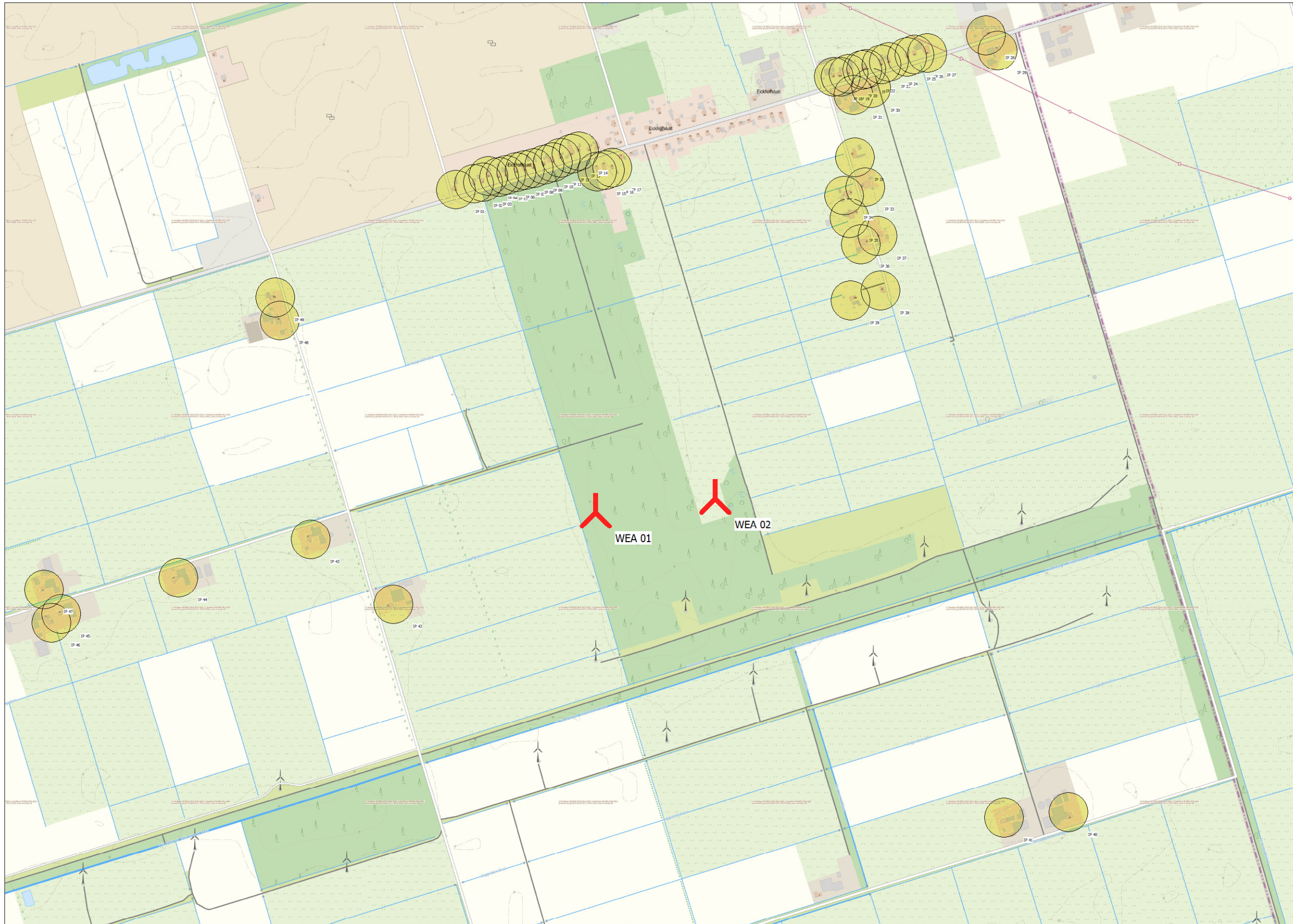
Karte: onmaps , Maßstab 1:15.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 419.412 Nord: 5.915.435

▲ Neue WEA

* Existierende WEA

Projekt:
Wiesmoor
4884-22-S1

Beschreibung:
Geplante Windenergieanlagen
und Immissionspunkte



BASIS -
Karte
Berechnung:
Übersichtskarte 2

Lizenzierter Anwender:
IEL GmbH
Kirchdorfer Straße 26
DE-26603 Aurich
+49 4941 9558 0
RMM / mail@iel-gmbh.de
Berechnet:
21.07.2022 08:47/3.5.584



0 100 200 300 400 m

Karte: onmaps , Maßstab 1:10.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 419.550 Nord: 5.916.250

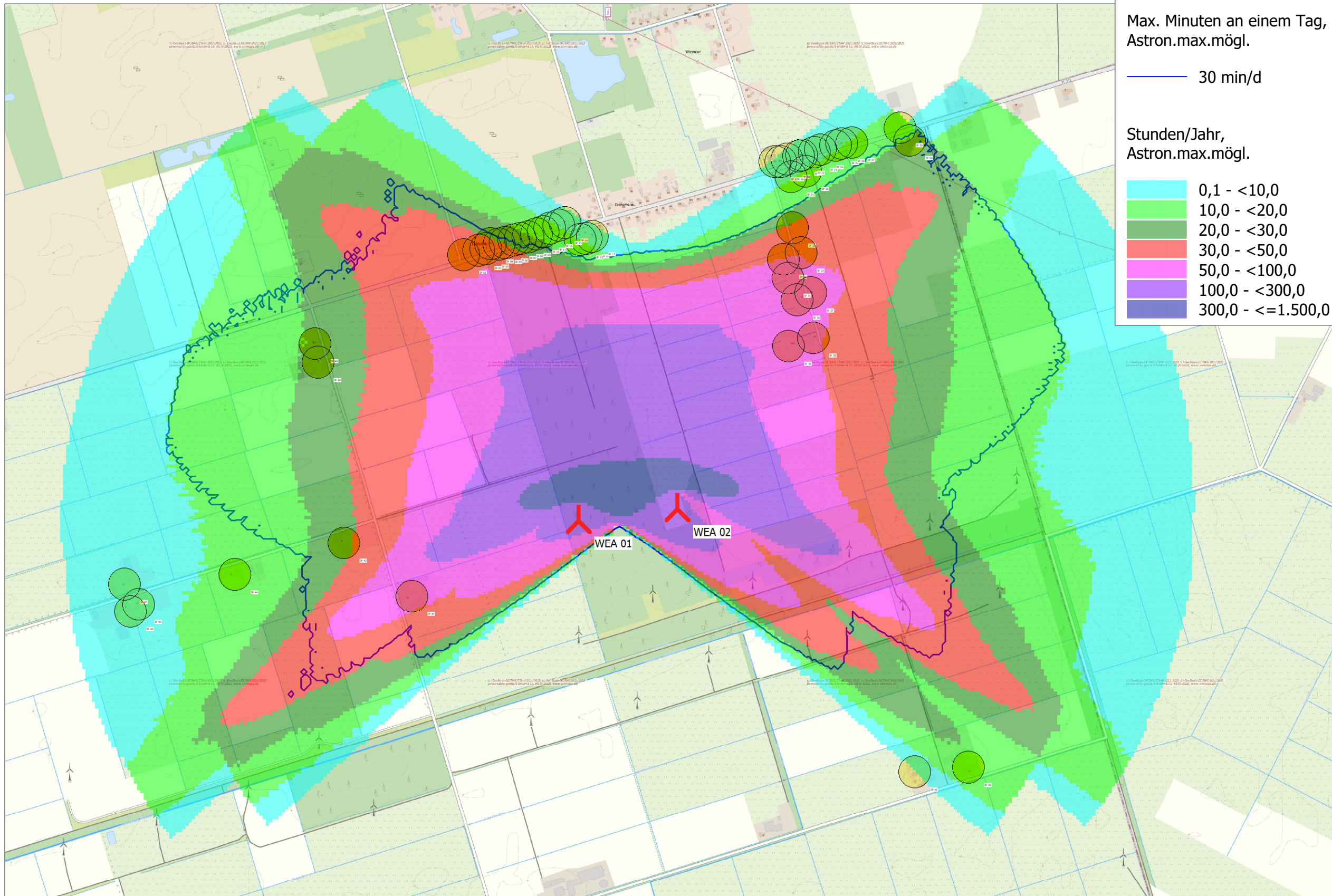
Neue WEA

Schattenrezeptor



**Flächendeckende Darstellung
Zusatzbelastung
„Astronomisch mögliche
Rotorschattenwurfdauer“**

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz



Max. Minuten an einem Tag,
Astron.max.mögl.

— 30 min/d

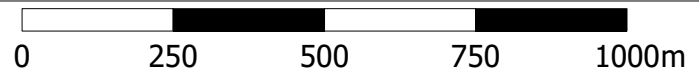
Stunden/Jahr,
Astron.max.mögl.

- 0,1 - <10,0
- 10,0 - <20,0
- 20,0 - <30,0
- 30,0 - <50,0
- 50,0 - <100,0
- 100,0 - <300,0
- 300,0 - <=1.500,0

Projekt:
Wiesmoor
4884-22-S1

SHADOW -
Karte
Berechnung:
Zusatzbelastung / FD

Lizenzierter Anwender:
IEL GmbH
Kirchdorfer Straße 26
DE-26603 Aurich
+49 4941 9558 0
RMM / mail@iel-gmbh.de
Berechnet:
21.07.2022 08:52/3.5.584



Karte: onmaps , Maßstab 1:12.500, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 419.700 Nord: 5.916.350

Neue WEA

Schattenrezeptor

Höhe der Schattenkarte: DGM Digitalisiert TK 25

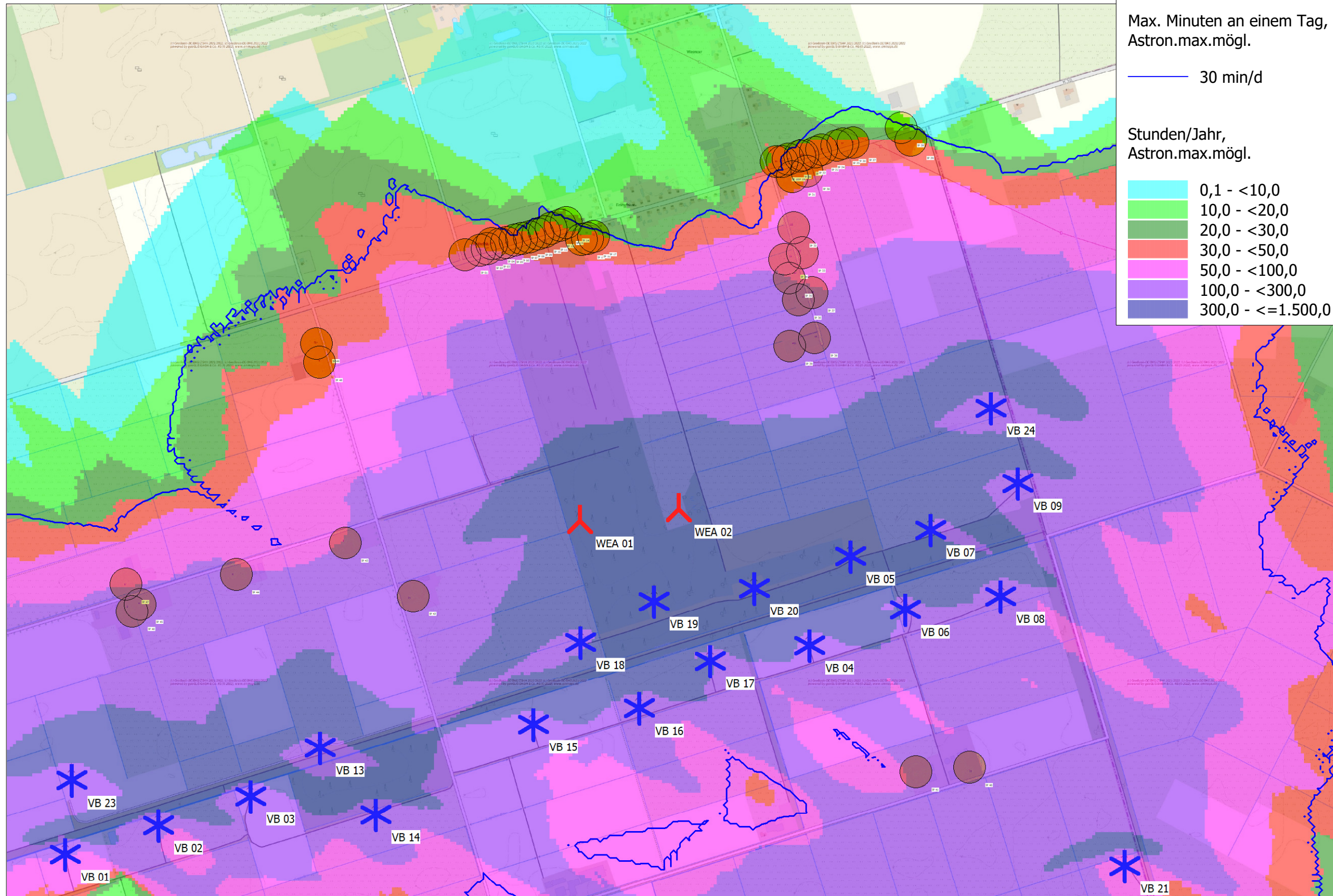
Zeitschritt: 2 Minuten, Schrittweite: 3 Tag(e), Kartenauflösung: 10 m, Sichtbarkeit Auflösung: 5 m, Augenhöhe: 1,5 m





**Flächendeckende Darstellung
Gesamtbelastung
„Astronomisch mögliche
Rotorschattenwurfdauer“**

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz



Max. Minuten an einem Tag,
Astron.max.mögl.

— 30 min/d

Stunden/Jahr,
Astron.max.mögl.

0,1 - <10,0
10,0 - <20,0
20,0 - <30,0
30,0 - <50,0
50,0 - <100,0
100,0 - <300,0
300,0 - <=1.500,0

Projekt: **Wiesmoor 4884-22-S1**

Beschreibung:
Die Windparks Hinrichsfehn-Firrel und Bentstreek-Spoolsen bleiben unberücksichtigt, da sie keinen gemeinsamen Rotorschattenwurf mit den vom Antragsteller geplanten WEA verursachen

SHADOW - Karte
Berechnung:
Gesamtbelastung / FD

Lizenzierter Anwender:
IEL GmbH
Kirchdorfer Straße 26
DE-26603 Aurich
+49 4941 9558 0
RMM / mail@iel-gmbh.de
Berechnet:
21.07.2022 13:59/3.5.584



0 250 500 750 1000m

Karte: onmaps , Maßstab 1:12.500, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 419.700 Nord: 5.916.350

⚡ Neue WEA * Existierende WEA 🟡 Schattenrezeptor

Höhe der Schattenkarte: DGM Digitalisiert TK 25

Zeitschritt: 2 Minuten, Schrittweite: 3 Tag(e), Kartenauflösung: 10 m, Sichtbarkeit Auflösung: 5 m, Augenhöhe: 1,5 m



Berechnungsergebnisse

Vorbelastung

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz

Projekt:

**Wiesmoor
4884-22-S1**

Beschreibung:

Die Windparks Hinrichsfehne-Firrel und Bentstreek-Spoolen bleiben unberücksichtigt, da sie keinen gemeinsamen Rotorschattenwurf mit den vom Antragsteller geplanten WEA verursachen

Lizenzierter Anwender:

IEL GmbH
Kirchdorfer Straße 26
DE-26603 Aurich
+49 4941 9558 0
RMM / mail@iel-gmbh.de
Berechnet:
21.07.2022 14:03/3.5.584



SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Vorbelastung / Hauptergebnis und Listen 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:
EMD-WRF Europe+ (ERA5)_N53,377586_E007,77121 (18)

Betriebsdauer je Sektor

N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe
409 398 506 624 618 502 622 1.252 1.357 947 849 596 8.680
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: DGM Digitalisiert TK 25

Hindernisse in Berechnung nicht verwendet

Rasterauflösung: 1,0 m

Alle Koordinatenangaben in:

UTM (north)-ETRS89 Zone: 32

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]				[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]	
VB 01	417.744	5.915.080	12,5	ENERCON E-82 2000 82.0 !O!...Nein	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	108,4	1.550	19,5	
VB 02	418.039	5.915.166	12,5	ENERCON E-82 2000 82.0 !O!...Nein	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	108,4	1.550	19,5	
VB 03	418.331	5.915.251	12,5	ENERCON E-82 2000 82.0 !O!...Nein	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	108,4	1.550	19,5	
VB 04	420.099	5.915.696	12,1	ENERCON E-82 2000 82.0 !O!...Nein	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	108,4	1.550	19,5	
VB 05	420.233	5.915.974	11,3	ENERCON E-82 2000 82.0 !O!...Nein	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	108,4	1.550	19,5	
VB 06	420.403	5.915.804	12,0	ENERCON E-82 2000 82.0 !O!...Nein	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	108,4	1.550	19,5	
VB 07	420.486	5.916.052	11,3	ENERCON E-82 2000 82.0 !O!...Nein	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	108,4	1.550	19,5	
VB 08	420.703	5.915.840	12,3	ENERCON E-82 2000 82.0 !O!...Nein	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	108,4	1.550	19,5	
VB 09	420.763	5.916.193	11,2	ENERCON E-82 2000 82.0 !O!...Nein	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	108,4	1.550	19,5	
VB 10	419.702	5.914.438	12,5	ENERCON _E-82 E2 2000 82...Ja	ENERCON	_E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0	
VB 11	420.060	5.914.542	12,8	ENERCON _E-82 E2 2000 82...Ja	ENERCON	_E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0	
VB 12	420.462	5.914.656	13,2	ENERCON _E-82 E2 2000 82...Ja	ENERCON	_E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0	
VB 13	418.553	5.915.400	12,5	ENERCON _E-82 E2 2000 82...Ja	ENERCON	_E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0	
VB 14	418.724	5.915.187	12,5	ENERCON _E-82 E2 2000 82...Ja	ENERCON	_E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0	
VB 15	419.225	5.915.462	12,5	ENERCON _E-82 E2 2000 82...Ja	ENERCON	_E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0	
VB 16	419.559	5.915.508	12,5	ENERCON _E-82 E2 2000 82...Ja	ENERCON	_E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0	
VB 17	419.786	5.915.651	12,5	ENERCON _E-82 E2 2000 82...Ja	ENERCON	_E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0	
VB 18	419.378	5.915.717	12,5	ENERCON _E-82 E2 2000 82...Ja	ENERCON	_E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0	
VB 19	419.612	5.915.842	12,5	ENERCON _E-82 E2 2000 82...Ja	ENERCON	_E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0	
VB 20	419.928	5.915.878	12,0	ENERCON _E-82 E2 2000 82...Ja	ENERCON	_E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0	
VB 21	421.079	5.914.988	13,5	ENERCON _E-82 E2 2000 82...Ja	ENERCON	_E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0	
VB 22	420.815	5.914.758	13,5	ENERCON _E-82 E2 2000 82...Ja	ENERCON	_E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0	
VB 23	417.769	5.915.313	12,5	ENERCON _E-115 3000 115...Ja	ENERCON	_E-115-3.000	3.000	115,7	135,4	2.067	12,8	
VB 24	420.682	5.916.432	10,1	ENERCON _E-115 3000 115...Ja	ENERCON	_E-115-3.000	3.000	115,7	135,4	2.067	12,8	



Maßstab 1:50.000

* Existierende WEA

● Schattenrezeptor

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
IP 01	Bentstreeker Str. 11	419.035	5.916.940	12,5	[m]	[m]	[m]	[°]	"Gewächshaus-Modus"	[m]
IP 02	Bentstreeker Str. 15	419.083	5.916.954	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:

**Wiesmoor
4884-22-S1**

Beschreibung:

Die Windparks Hinrichsfehne-Firrel und Bentstreek-Spoolen bleiben unberücksichtigt, da sie keinen gemeinsamen Rotorschattenwurf mit den vom Antragsteller geplanten WEA verursachen

Lizenzierter Anwender:

IEL GmbH

Kirchdorfer Straße 26

DE-26603 Aurich

+49 4941 9558 0

RMM / mail@iel-gmbh.de

Berechnet:

21.07.2022 14:03/3.5.584



SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Vorbelastung / Hauptergebnis und Listen

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
					[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
IP 03	Bentstreeker Str. 17	419.105	5.916.959	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 04	Bentstreeker Str. 19	419.121	5.916.974	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 05	Bentstreeker Str. 21	419.148	5.916.971	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 06	Bentstreeker Str. 23	419.166	5.916.976	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 07	Bentstreeker Str. 25	419.193	5.916.983	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 08	Bentstreeker Str. 27	419.215	5.916.988	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 09	Bentstreeker Str. 29	419.238	5.916.993	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 10	Bentstreeker Str. 31	419.266	5.917.001	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 11	Bentstreeker Str. 33	419.288	5.917.007	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 12	Bentstreeker Str. 35	419.308	5.917.018	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 13	Bentstreeker Str. 37	419.337	5.917.027	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 14	Bentstreeker Str. 39	419.355	5.917.036	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 15	Bentstreeker Str. 8	419.403	5.916.982	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 16	Bentstreeker Str. 10	419.423	5.916.985	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 17	Bentstreeker Str. 12	419.442	5.916.990	12,4	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 18	Bentstreeker Str. 85	420.019	5.917.216	10,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 19	Bentstreeker Str. 85a	420.038	5.917.216	10,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 20	Bentstreeker Str. 87	420.058	5.917.223	10,4	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 21	Bentstreeker Str. 89	420.094	5.917.232	10,3	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 22	Bentstreeker Str. 89a	420.104	5.917.235	10,3	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 23	Bentstreeker Str. 91	420.144	5.917.245	10,2	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 24	Bentstreeker Str. 93	420.163	5.917.251	10,1	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 25	Bentstreeker Str. 95	420.211	5.917.264	10,0	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 26	Bentstreeker Str. 97	420.230	5.917.269	10,0	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 27	Bentstreeker Str. 99	420.263	5.917.273	10,0	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 28	Bentstreeker Str. 101	420.415	5.917.317	10,0	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 29	Bentstreeker Str. 78	420.445	5.917.277	10,0	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 30	Bentstreeker Str. 52	420.116	5.917.185	10,3	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 31	Bentstreeker Str. 50	420.069	5.917.168	10,4	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 32	Klosterweg 35	420.071	5.917.006	10,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 33	Klosterweg 37	420.097	5.916.929	10,4	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 34	Klosterweg 38	420.041	5.916.908	10,6	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 35	Klosterweg 40	420.054	5.916.849	10,6	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 36	Klosterweg 42	420.083	5.916.781	10,1	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 37	Klosterweg 39	420.126	5.916.802	10,3	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 38	Klosterweg 44	420.132	5.916.660	10,0	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 39	Klosterweg 44a	420.053	5.916.637	10,0	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 40	Rebhuhnweg 13	420.596	5.915.304	13,0	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 41	Rebhuhnweg 11	420.428	5.915.292	12,9	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 42	Klosterweg 75	418.855	5.915.871	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 43	Fasanenweg 8	418.644	5.916.042	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 44	Klosterweg 6	418.299	5.915.949	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 45	Klosterweg 4	417.994	5.915.860	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 46	Klosterweg 2	417.968	5.915.838	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 47	Klosterweg 5	417.951	5.915.924	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 48	Birkhahnweg 76	418.573	5.916.610	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 49	Birkhahnweg 76a	418.563	5.916.669	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1

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]	
IP 01	Bentstreeker Str. 11	17:36	92	0:16	1:58	
IP 02	Bentstreeker Str. 15	16:18	84	0:16	1:50	
IP 03	Bentstreeker Str. 17	15:31	82	0:16	1:48	
IP 04	Bentstreeker Str. 19	13:45	78	0:17	1:38	
IP 05	Bentstreeker Str. 21	13:03	75	0:17	1:36	
IP 06	Bentstreeker Str. 23	11:48	72	0:17	1:31	
IP 07	Bentstreeker Str. 25	9:51	56	0:17	1:23	
IP 08	Bentstreeker Str. 27	10:20	56	0:17	1:26	
IP 09	Bentstreeker Str. 29	11:09	61	0:18	1:31	
IP 10	Bentstreeker Str. 31	15:26	88	0:18	2:02	

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:

**Wiesmoor
4884-22-S1**

Beschreibung:

Die Windparks Hinrichsfehne-Firrel und Bentstreek-Spoolen bleiben unberücksichtigt, da sie keinen gemeinsamen Rotorschattenwurf mit den vom Antragsteller geplanten WEA verursachen

Lizenziertes Anwender:

IEL GmbH

Kirchdorfer Straße 26

DE-26603 Aurich

+49 4941 9558 0

RMM / mail@iel-gmbh.de

Berechnet:

21.07.2022 14:03/3.5.584



SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Vorbelastung / Hauptergebnis und Listen

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

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]	
IP 11	Bentstreeker Str. 33	17:04	100	0:18	2:10	
IP 12	Bentstreeker Str. 35	19:15	104	0:18	2:20	
IP 13	Bentstreeker Str. 37	20:21	99	0:19	2:25	
IP 14	Bentstreeker Str. 39	20:07	96	0:19	2:23	
IP 15	Bentstreeker Str. 8	24:42	101	0:19	2:52	
IP 16	Bentstreeker Str. 10	24:35	101	0:20	2:51	
IP 17	Bentstreeker Str. 12	26:48	116	0:21	3:15	
IP 18	Bentstreeker Str. 85	30:53	85	0:27	3:16	
IP 19	Bentstreeker Str. 85a	32:49	84	0:28	3:25	
IP 20	Bentstreeker Str. 87	32:35	80	0:28	3:21	
IP 21	Bentstreeker Str. 89	31:13	76	0:29	3:12	
IP 22	Bentstreeker Str. 89a	30:50	74	0:29	3:09	
IP 23	Bentstreeker Str. 91	30:08	70	0:30	3:01	
IP 24	Bentstreeker Str. 93	29:03	66	0:30	2:53	
IP 25	Bentstreeker Str. 95	25:47	60	0:30	2:29	
IP 26	Bentstreeker Str. 97	24:02	56	0:30	2:17	
IP 27	Bentstreeker Str. 99	21:38	52	0:30	2:01	
IP 28	Bentstreeker Str. 101	3:31	19	0:14	0:17	
IP 29	Bentstreeker Str. 78	7:11	28	0:20	0:36	
IP 30	Bentstreeker Str. 52	35:07	82	0:30	3:39	
IP 31	Bentstreeker Str. 50	33:53	88	0:29	3:39	
IP 32	Klosterweg 35	37:32	116	0:33	4:41	
IP 33	Klosterweg 37	36:03	101	0:35	5:06	
IP 34	Klosterweg 38	32:06	102	0:34	4:41	
IP 35	Klosterweg 40	42:25	116	0:35	5:52	
IP 36	Klosterweg 42	56:47	132	0:40	7:30	
IP 37	Klosterweg 39	48:36	124	0:40	6:53	
IP 38	Klosterweg 44	104:51	157	1:23	13:42	
IP 39	Klosterweg 44a	94:59	162	1:14	12:25	
IP 40	Rebhuhnweg 13	112:06	243	1:02	18:25	
IP 41	Rebhuhnweg 11	118:32	261	0:46	20:37	
IP 42	Klosterweg 75	173:09	238	1:36	28:04	
IP 43	Fasanenweg 8	76:32	188	0:48	11:24	
IP 44	Klosterweg 6	98:22	174	1:11	12:25	
IP 45	Klosterweg 4	116:58	155	1:15	14:21	
IP 46	Klosterweg 2	125:17	162	1:18	15:34	
IP 47	Klosterweg 5	91:00	143	1:11	10:32	
IP 48	Birkhahnweg 76	22:10	116	0:18	2:40	
IP 49	Birkhahnweg 76a	22:21	107	0:17	2:31	

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal [h/a]	Erwartet [h/a]
VB 01	ENERCON E-82 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (114)	20:49	2:30
VB 02	ENERCON E-82 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (115)	16:06	2:00
VB 03	ENERCON E-82 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (116)	64:49	7:06
VB 04	ENERCON E-82 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (117)	6:05	1:08
VB 05	ENERCON E-82 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (118)	46:23	5:07
VB 06	ENERCON E-82 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (119)	13:43	1:26
VB 07	ENERCON E-82 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (120)	71:08	7:26
VB 08	ENERCON E-82 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (121)	34:49	3:18
VB 09	ENERCON E-82 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (122)	73:46	9:17
VB 10	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (123)	23:06	2:45
VB 11	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (124)	19:42	2:03
VB 12	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (125)	0:37	0:03
VB 13	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (126)	99:51	12:21
VB 14	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (127)	27:35	3:02
VB 15	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (128)	53:41	8:16
VB 16	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (129)	43:04	7:20
VB 17	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (130)	55:59	11:49
VB 18	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (131)	84:14	13:25
VB 19	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (132)	64:08	11:50
VB 20	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (133)	32:52	4:25

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:

**Wiesmoor
4884-22-S1**

Beschreibung:

Die Windparks Hinrichsfehn-Firrel und Bentstreek-Spoolsen bleiben unberücksichtigt, da sie keinen gemeinsamen Rotorschattenwurf mit den vom Antragsteller geplanten WEA verursachen

Lizenzierter Anwender:

IEL GmbH
Kirchdorfer Straße 26
DE-26603 Aurich
+49 4941 9558 0
RMM / mail@iel-gmbh.de
Berechnet:
21.07.2022 14:03/3.5.584



SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Vorbelastung / Hauptergebnis und Listen

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

Nr.	Name	Maximal [h/a]	Erwartet [h/a]
VB 21	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (134)	29:56	5:06
VB 22	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (135)	62:05	6:29
VB 23	ENERCON __E-115 3000 115.7 !O! NH: 135,4 m (Ges:193,3 m) (136)	145:20	18:52
VB 24	ENERCON __E-115 3000 115.7 !O! NH: 135,4 m (Ges:193,3 m) (137)	224:44	31:43

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.



Berechnungsergebnisse

Zusatzbelastung

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz



SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Zusatzbelastung / Hauptergebnis und Listen 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:
EMD-WRF Europe+ (ERA5)_N53,377586_E007,77121 (18)

Betriebsdauer je Sektor
N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe
411 399 508 626 620 504 624 1.257 1.362 951 852 598 8.711
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: DGM Digitalisiert TK 25
Hindernisse in Berechnung nicht verwendet
Rasterauflösung: 1,0 m

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



Maßstab 1:40.000

▲ Neue WEA

● Schattenrezeptor

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]
WEA 01	419.384	5.916.100	12,5	ENERCON __E-115 E...	Ja	ENERCON	__E-115 EP3 E3-4.200	4.200	115,7	135,4	1.626	13,1
WEA 02	419.694	5.916.130	12,0	ENERCON __E-115 E...	Ja	ENERCON	__E-115 EP3 E3-4.200	4.200	115,7	135,4	1.626	13,1

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]
IP 01	Bentstreeker Str. 11	419.035	5.916.940	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 02	Bentstreeker Str. 15	419.083	5.916.954	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 03	Bentstreeker Str. 17	419.105	5.916.959	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 04	Bentstreeker Str. 19	419.121	5.916.974	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 05	Bentstreeker Str. 21	419.148	5.916.971	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 06	Bentstreeker Str. 23	419.166	5.916.976	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 07	Bentstreeker Str. 25	419.193	5.916.983	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 08	Bentstreeker Str. 27	419.215	5.916.988	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 09	Bentstreeker Str. 29	419.238	5.916.993	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 10	Bentstreeker Str. 31	419.266	5.917.001	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 11	Bentstreeker Str. 33	419.288	5.917.007	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 12	Bentstreeker Str. 35	419.308	5.917.018	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 13	Bentstreeker Str. 37	419.337	5.917.027	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 14	Bentstreeker Str. 39	419.355	5.917.036	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 15	Bentstreeker Str. 8	419.403	5.916.982	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 16	Bentstreeker Str. 10	419.423	5.916.985	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 17	Bentstreeker Str. 12	419.442	5.916.990	12,4	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 18	Bentstreeker Str. 85	420.019	5.917.216	10,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 19	Bentstreeker Str. 85a	420.038	5.917.216	10,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 20	Bentstreeker Str. 87	420.058	5.917.223	10,4	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 21	Bentstreeker Str. 89	420.094	5.917.232	10,3	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 22	Bentstreeker Str. 89a	420.104	5.917.235	10,3	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 23	Bentstreeker Str. 91	420.144	5.917.245	10,2	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 24	Bentstreeker Str. 93	420.163	5.917.251	10,1	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1

(Fortsetzung nächste Seite)...



SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Zusatzbelastung / Hauptergebnis und Listen

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
					[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
IP 25	Bentstreeker Str. 95	420.211	5.917.264	10,0	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 26	Bentstreeker Str. 97	420.230	5.917.269	10,0	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 27	Bentstreeker Str. 99	420.263	5.917.273	10,0	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 28	Bentstreeker Str. 101	420.415	5.917.317	10,0	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 29	Bentstreeker Str. 78	420.445	5.917.277	10,0	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 30	Bentstreeker Str. 52	420.116	5.917.185	10,3	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 31	Bentstreeker Str. 50	420.069	5.917.168	10,4	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 32	Klosterweg 35	420.071	5.917.006	10,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 33	Klosterweg 37	420.097	5.916.929	10,4	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 34	Klosterweg 38	420.041	5.916.908	10,6	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 35	Klosterweg 40	420.054	5.916.849	10,6	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 36	Klosterweg 42	420.083	5.916.781	10,1	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 37	Klosterweg 39	420.126	5.916.802	10,3	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 38	Klosterweg 44	420.132	5.916.660	10,0	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 39	Klosterweg 44a	420.053	5.916.637	10,0	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 40	Rebhuhnweg 13	420.596	5.915.304	13,0	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 41	Rebhuhnweg 11	420.428	5.915.292	12,9	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 42	Klosterweg 75	418.855	5.915.871	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 43	Fasanenweg 8	418.644	5.916.042	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 44	Klosterweg 6	418.299	5.915.949	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 45	Klosterweg 4	417.994	5.915.860	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 46	Klosterweg 2	417.968	5.915.838	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 47	Klosterweg 5	417.951	5.915.924	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 48	Birkhahnweg 76	418.573	5.916.610	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 49	Birkhahnweg 76a	418.563	5.916.669	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1

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]	
IP 01	Bentstreeker Str. 11	43:28	80	0:43	4:21	
IP 02	Bentstreeker Str. 15	39:59	74	0:46	3:56	
IP 03	Bentstreeker Str. 17	37:39	72	0:46	3:41	
IP 04	Bentstreeker Str. 19	32:51	68	0:43	3:12	
IP 05	Bentstreeker Str. 21	30:31	66	0:41	2:58	
IP 06	Bentstreeker Str. 23	27:21	62	0:36	2:40	
IP 07	Bentstreeker Str. 25	24:40	58	0:29	2:23	
IP 08	Bentstreeker Str. 27	22:55	56	0:30	2:11	
IP 09	Bentstreeker Str. 29	20:56	52	0:29	1:57	
IP 10	Bentstreeker Str. 31	17:45	46	0:28	1:37	
IP 11	Bentstreeker Str. 33	15:26	43	0:27	1:22	
IP 12	Bentstreeker Str. 35	12:17	38	0:24	1:05	
IP 13	Bentstreeker Str. 37	8:42	32	0:21	0:45	
IP 14	Bentstreeker Str. 39	6:03	26	0:18	0:30	
IP 15	Bentstreeker Str. 8	9:59	32	0:23	0:51	
IP 16	Bentstreeker Str. 10	7:58	29	0:21	0:40	
IP 17	Bentstreeker Str. 12	5:45	24	0:18	0:28	
IP 18	Bentstreeker Str. 85	1:10	12	0:08	0:06	
IP 19	Bentstreeker Str. 85a	2:24	18	0:10	0:13	
IP 20	Bentstreeker Str. 87	3:17	20	0:12	0:18	
IP 21	Bentstreeker Str. 89	4:52	25	0:15	0:28	
IP 22	Bentstreeker Str. 89a	5:11	26	0:15	0:30	
IP 23	Bentstreeker Str. 91	6:49	30	0:17	0:40	
IP 24	Bentstreeker Str. 93	7:29	32	0:18	0:44	
IP 25	Bentstreeker Str. 95	9:03	36	0:19	0:55	
IP 26	Bentstreeker Str. 97	9:42	38	0:19	0:59	
IP 27	Bentstreeker Str. 99	10:59	42	0:19	1:07	
IP 28	Bentstreeker Str. 101	13:57	50	0:23	1:29	
IP 29	Bentstreeker Str. 78	21:25	58	0:32	2:20	
IP 30	Bentstreeker Str. 52	10:33	38	0:20	1:04	
IP 31	Bentstreeker Str. 50	9:22	36	0:19	0:56	
IP 32	Klosterweg 35	33:48	64	0:47	3:42	

(Fortsetzung nächste Seite)...



SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Zusatzbelastung / Hauptergebnis und Listen

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

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]	
IP 33	Klosterweg 37	49:22	78	0:50	5:42	
IP 34	Klosterweg 38	51:39	76	0:54	5:54	
IP 35	Klosterweg 40	56:54	86	0:55	6:55	
IP 36	Klosterweg 42	63:40	100	0:58	8:16	
IP 37	Klosterweg 39	58:56	98	0:54	7:40	
IP 38	Klosterweg 44	54:47	88	1:03	8:59	
IP 39	Klosterweg 44a	70:42	108	1:10	11:06	
IP 40	Rebhuhnweg 13	16:41	57	0:20	3:37	
IP 41	Rebhuhnweg 11	0:58	11	0:07	0:11	
IP 42	Klosterweg 75	66:21	110	0:48	17:34	
IP 43	Fasanenweg 8	27:29	57	0:38	7:12	
IP 44	Klosterweg 6	12:35	40	0:25	3:18	
IP 45	Klosterweg 4	6:42	26	0:19	1:46	
IP 46	Klosterweg 2	6:32	26	0:19	1:44	
IP 47	Klosterweg 5	6:12	26	0:19	1:36	
IP 48	Birkhahnweg 76	22:13	52	0:42	3:49	
IP 49	Birkhahnweg 76a	21:30	54	0:38	3:38	

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name		Maximal	Erwartet
			[h/a]	[h/a]
WEA 01	ENERCON	__E-115 EP3 E3 4200 115.7 !O! NH: 135,4 m (Ges:193,3 m) (1)	247:42	45:07
WEA 02	ENERCON	__E-115 EP3 E3 4200 115.7 !O! NH: 135,4 m (Ges:193,3 m) (2)	267:25	38:23

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.



Berechnungsergebnisse

Gesamtbelastung

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz

Projekt:

**Wiesmoor
4884-22-S1**

Beschreibung:

Die Windparks Hinrichsfehn-Firrel und Bentstreek-Spoolen bleiben unberücksichtigt, da sie keinen gemeinsamen Rotorschattenwurf mit den vom Antragsteller geplanten WEA verursachen

Lizenziierter Anwender:

IEL GmbH
Kirchdorfer Straße 26
DE-26603 Aurich
+49 4941 9558 0
RMM / mail@iel-gmbh.de
Berechnet:
21.07.2022 14:05/3.5.584



SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Gesamtbelastung / Hauptergebnis und Listen 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:
EMD-WRF Europe+ (ERA5)_N53,377586_E007,77121 (18)

Betriebsdauer je Sektor

N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe
409 398 507 624 618 502 622 1.253 1.357 948 850 596 8.682
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: DGM Digitalisiert TK 25
Hindernisse in Berechnung nicht verwendet
Rasterauflösung: 1,0 m

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



Maßstab 1:50.000
▲ Neue WEA ★ Existierende WEA ● Schattenrezeptor

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Schattendaten				
					Ak-tu-ell	Hersteller	Typ	Nenn-leistung	Rotor-durch-messer	Naben-höhe	Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]				[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]	
VB 01	417.744	5.915.080	12,5	ENERCON E-82 2000 ...	Nein	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	108,4	1.550	19,5
VB 02	418.039	5.915.166	12,5	ENERCON E-82 2000 ...	Nein	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	108,4	1.550	19,5
VB 03	418.331	5.915.251	12,5	ENERCON E-82 2000 ...	Nein	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	108,4	1.550	19,5
VB 04	420.099	5.915.696	12,1	ENERCON E-82 2000 ...	Nein	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	108,4	1.550	19,5
VB 05	420.233	5.915.974	11,3	ENERCON E-82 2000 ...	Nein	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	108,4	1.550	19,5
VB 06	420.403	5.915.804	12,0	ENERCON E-82 2000 ...	Nein	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	108,4	1.550	19,5
VB 07	420.486	5.916.052	11,3	ENERCON E-82 2000 ...	Nein	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	108,4	1.550	19,5
VB 08	420.703	5.915.840	12,3	ENERCON E-82 2000 ...	Nein	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	108,4	1.550	19,5
VB 09	420.763	5.916.193	11,2	ENERCON E-82 2000 ...	Nein	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	108,4	1.550	19,5
VB 10	419.702	5.914.438	12,5	ENERCON __E-82 E2 ...	Ja	ENERCON	__E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0
VB 11	420.060	5.914.542	12,8	ENERCON __E-82 E2 ...	Ja	ENERCON	__E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0
VB 12	420.462	5.914.656	13,2	ENERCON __E-82 E2 ...	Ja	ENERCON	__E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0
VB 13	418.553	5.915.400	12,5	ENERCON __E-82 E2 ...	Ja	ENERCON	__E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0
VB 14	418.724	5.915.187	12,5	ENERCON __E-82 E2 ...	Ja	ENERCON	__E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0
VB 15	419.225	5.915.462	12,5	ENERCON __E-82 E2 ...	Ja	ENERCON	__E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0
VB 16	419.559	5.915.508	12,5	ENERCON __E-82 E2 ...	Ja	ENERCON	__E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0
VB 17	419.786	5.915.651	12,5	ENERCON __E-82 E2 ...	Ja	ENERCON	__E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0
VB 18	419.378	5.915.717	12,5	ENERCON __E-82 E2 ...	Ja	ENERCON	__E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0
VB 19	419.612	5.915.842	12,5	ENERCON __E-82 E2 ...	Ja	ENERCON	__E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0
VB 20	419.928	5.915.878	12,0	ENERCON __E-82 E2 ...	Ja	ENERCON	__E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0
VB 21	421.079	5.914.988	13,5	ENERCON __E-82 E2 ...	Ja	ENERCON	__E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0
VB 22	420.815	5.914.758	13,5	ENERCON __E-82 E2 ...	Ja	ENERCON	__E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0
VB 23	417.769	5.915.313	12,5	ENERCON __E-115 30...	Ja	ENERCON	__E-115-3.000	3.000	115,7	135,4	2.067	12,8
VB 24	420.682	5.916.432	10,1	ENERCON __E-115 30...	Ja	ENERCON	__E-115-3.000	3.000	115,7	135,4	2.067	12,8
WEA 01	419.384	5.916.100	12,5	ENERCON __E-115 E...	Ja	ENERCON	__E-115 EP3 E3-4.200	4.200	115,7	135,4	1.626	13,1
WEA 02	419.694	5.916.130	12,0	ENERCON __E-115 E...	Ja	ENERCON	__E-115 EP3 E3-4.200	4.200	115,7	135,4	1.626	13,1



SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Gesamtbelastung / Hauptergebnis und Listen

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]
IP 01	Bentstreeker Str. 11	419.035	5.916.940	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 02	Bentstreeker Str. 15	419.083	5.916.954	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 03	Bentstreeker Str. 17	419.105	5.916.959	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 04	Bentstreeker Str. 19	419.121	5.916.974	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 05	Bentstreeker Str. 21	419.148	5.916.971	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 06	Bentstreeker Str. 23	419.166	5.916.976	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 07	Bentstreeker Str. 25	419.193	5.916.983	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 08	Bentstreeker Str. 27	419.215	5.916.988	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 09	Bentstreeker Str. 29	419.238	5.916.993	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 10	Bentstreeker Str. 31	419.266	5.917.001	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 11	Bentstreeker Str. 33	419.288	5.917.007	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 12	Bentstreeker Str. 35	419.308	5.917.018	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 13	Bentstreeker Str. 37	419.337	5.917.027	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 14	Bentstreeker Str. 39	419.355	5.917.036	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 15	Bentstreeker Str. 8	419.403	5.916.982	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 16	Bentstreeker Str. 10	419.423	5.916.985	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 17	Bentstreeker Str. 12	419.442	5.916.990	12,4	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 18	Bentstreeker Str. 85	420.019	5.917.216	10,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 19	Bentstreeker Str. 85a	420.038	5.917.216	10,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 20	Bentstreeker Str. 87	420.058	5.917.223	10,4	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 21	Bentstreeker Str. 89	420.094	5.917.232	10,3	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 22	Bentstreeker Str. 89a	420.104	5.917.235	10,3	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 23	Bentstreeker Str. 91	420.144	5.917.245	10,2	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 24	Bentstreeker Str. 93	420.163	5.917.251	10,1	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 25	Bentstreeker Str. 95	420.211	5.917.264	10,0	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 26	Bentstreeker Str. 97	420.230	5.917.269	10,0	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 27	Bentstreeker Str. 99	420.263	5.917.273	10,0	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 28	Bentstreeker Str. 101	420.415	5.917.317	10,0	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 29	Bentstreeker Str. 78	420.445	5.917.277	10,0	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 30	Bentstreeker Str. 52	420.116	5.917.185	10,3	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 31	Bentstreeker Str. 50	420.069	5.917.168	10,4	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 32	Klosterweg 35	420.071	5.917.006	10,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 33	Klosterweg 37	420.097	5.916.929	10,4	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 34	Klosterweg 38	420.041	5.916.908	10,6	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 35	Klosterweg 40	420.054	5.916.849	10,6	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 36	Klosterweg 42	420.083	5.916.781	10,1	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 37	Klosterweg 39	420.126	5.916.802	10,3	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 38	Klosterweg 44	420.132	5.916.660	10,0	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 39	Klosterweg 44a	420.053	5.916.637	10,0	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 40	Rebhuhnweg 13	420.596	5.915.304	13,0	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 41	Rebhuhnweg 11	420.428	5.915.292	12,9	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 42	Klosterweg 75	418.855	5.915.871	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 43	Fasanenweg 8	418.644	5.916.042	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 44	Klosterweg 6	418.299	5.915.949	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 45	Klosterweg 4	417.994	5.915.860	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 46	Klosterweg 2	417.968	5.915.838	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 47	Klosterweg 5	417.951	5.915.924	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 48	Birkhahnweg 76	418.573	5.916.610	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
IP 49	Birkhahnweg 76a	418.563	5.916.669	12,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1

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]	
IP 01	Bentstreeker Str. 11	55:23	106	0:50	5:46	
IP 02	Bentstreeker Str. 15	51:27	102	0:54	5:20	
IP 03	Bentstreeker Str. 17	49:16	101	0:54	5:08	
IP 04	Bentstreeker Str. 19	43:59	99	0:50	4:37	
IP 05	Bentstreeker Str. 21	42:01	97	0:48	4:27	
IP 06	Bentstreeker Str. 23	38:29	96	0:43	4:07	
IP 07	Bentstreeker Str. 25	34:31	92	0:32	3:45	
IP 08	Bentstreeker Str. 27	33:15	90	0:32	3:37	

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:

**Wiesmoor
4884-22-S1**

Beschreibung:

Die Windparks Hinrichsfehn-Firrel und Bentstreek-Spoolen bleiben unberücksichtigt, da sie keinen gemeinsamen Rotorschattenwurf mit den vom Antragsteller geplanten WEA verursachen

Lizenziertes Anwender:

IEL GmbH

Kirchdorfer Straße 26

DE-26603 Aurich

+49 4941 9558 0

RMM / mail@iel-gmbh.de

Berechnet:

21.07.2022 14:05/3.5.584



SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Gesamtbelastung / Hauptergebnis und Listen

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

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]	
IP 09	Bentstreeker Str. 29	32:05	89	0:33	3:29	
IP 10	Bentstreeker Str. 31	33:11	107	0:33	3:40	
IP 11	Bentstreeker Str. 33	32:30	104	0:33	3:33	
IP 12	Bentstreeker Str. 35	31:32	104	0:34	3:25	
IP 13	Bentstreeker Str. 37	29:03	99	0:35	3:10	
IP 14	Bentstreeker Str. 39	26:10	96	0:32	2:54	
IP 15	Bentstreeker Str. 8	34:41	101	0:42	3:43	
IP 16	Bentstreeker Str. 10	32:33	101	0:41	3:32	
IP 17	Bentstreeker Str. 12	32:33	116	0:38	3:44	
IP 18	Bentstreeker Str. 85	32:03	85	0:27	3:23	
IP 19	Bentstreeker Str. 85a	35:13	84	0:32	3:39	
IP 20	Bentstreeker Str. 87	35:52	80	0:37	3:41	
IP 21	Bentstreeker Str. 89	36:05	76	0:40	3:41	
IP 22	Bentstreeker Str. 89a	36:01	74	0:39	3:40	
IP 23	Bentstreeker Str. 91	36:57	70	0:44	3:43	
IP 24	Bentstreeker Str. 93	36:32	66	0:47	3:39	
IP 25	Bentstreeker Str. 95	34:50	60	0:49	3:25	
IP 26	Bentstreeker Str. 97	33:44	56	0:49	3:17	
IP 27	Bentstreeker Str. 99	32:37	52	0:49	3:09	
IP 28	Bentstreeker Str. 101	17:28	50	0:37	1:46	
IP 29	Bentstreeker Str. 78	28:36	58	0:52	2:55	
IP 30	Bentstreeker Str. 52	45:40	82	0:46	4:44	
IP 31	Bentstreeker Str. 50	43:15	88	0:40	4:37	
IP 32	Klosterweg 35	71:20	116	0:58	8:29	
IP 33	Klosterweg 37	85:25	130	1:04	10:58	
IP 34	Klosterweg 38	83:45	134	0:59	10:44	
IP 35	Klosterweg 40	99:19	142	1:05	12:53	
IP 36	Klosterweg 42	120:27	154	1:14	15:50	
IP 37	Klosterweg 39	107:32	150	1:13	14:40	
IP 38	Klosterweg 44	158:45	179	1:23	22:31	
IP 39	Klosterweg 44a	165:13	181	1:20	23:22	
IP 40	Rebhuhnweg 13	128:47	273	1:02	22:04	
IP 41	Rebhuhnweg 11	119:30	261	0:53	20:49	
IP 42	Klosterweg 75	238:54	338	1:36	45:11	
IP 43	Fasanenweg 8	104:01	245	0:48	18:29	
IP 44	Klosterweg 6	110:57	214	1:11	15:39	
IP 45	Klosterweg 4	123:40	181	1:15	16:05	
IP 46	Klosterweg 2	131:49	188	1:18	17:15	
IP 47	Klosterweg 5	97:12	169	1:11	12:05	
IP 48	Birkhahnweg 76	44:23	150	0:42	6:28	
IP 49	Birkhahnweg 76a	43:37	141	0:39	6:05	

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal	Erwartet
		[h/a]	[h/a]
VB 01	ENERCON E-82 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (114)	20:49	2:30
VB 02	ENERCON E-82 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (115)	16:06	2:00
VB 03	ENERCON E-82 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (116)	64:49	7:06
VB 04	ENERCON E-82 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (117)	6:05	1:08
VB 05	ENERCON E-82 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (118)	46:23	5:07
VB 06	ENERCON E-82 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (119)	13:43	1:26
VB 07	ENERCON E-82 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (120)	71:08	7:26
VB 08	ENERCON E-82 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (121)	34:49	3:18
VB 09	ENERCON E-82 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (122)	73:46	9:17
VB 10	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (123)	23:06	2:45
VB 11	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (124)	19:42	2:03
VB 12	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (125)	0:37	0:03
VB 13	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (126)	99:51	12:21
VB 14	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (127)	27:35	3:02
VB 15	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (128)	53:41	8:17
VB 16	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (129)	43:04	7:20
VB 17	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (130)	55:59	11:49
VB 18	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (131)	84:14	13:25

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:

**Wiesmoor
4884-22-S1**

Beschreibung:

Die Windparks Hinrichsfehn-Firrel und Bentstreek-Spoolen bleiben unberücksichtigt, da sie keinen gemeinsamen Rotorschattenwurf mit den vom Antragsteller geplanten WEA verursachen

Lizenziertes Anwender:

IEL GmbH
Kirchdorfer Straße 26
DE-26603 Aurich
+49 4941 9558 0
RMM / mail@iel-gmbh.de
Berechnet:
21.07.2022 14:05/3.5.584



SHADOW - Hauptergebnis

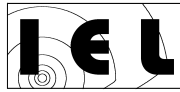
Berechnung: Gesamtbelastung / Hauptergebnis und Listen

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

Nr.	Name	Maximal [h/a]	Erwartet [h/a]
VB 19	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (132)	64:08	11:50
VB 20	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (133)	32:52	4:25
VB 21	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (134)	29:56	5:06
VB 22	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (135)	62:05	6:29
VB 23	ENERCON __E-115 3000 115.7 !O! NH: 135,4 m (Ges:193,3 m) (136)	145:20	18:53
VB 24	ENERCON __E-115 3000 115.7 !O! NH: 135,4 m (Ges:193,3 m) (137)	224:44	31:43
WEA 01	ENERCON __E-115 EP3 E3 4200 115.7 !O! NH: 135,4 m (Ges:193,3 m) (1)	247:42	44:58
WEA 02	ENERCON __E-115 EP3 E3 4200 115.7 !O! NH: 135,4 m (Ges:193,3 m) (2)	267:25	38:16

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.



Technische Dokumentation

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz

Technische Beschreibung

Schattenabschaltung

ENERCON Windenergieanlagen EP1, EP2, EP3, EP4

Herausgeber

ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109
E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
Geschäftsführer: Hans-Dieter Kettwig
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411
Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

Urheberrechtshinweis

Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.

Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.

Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.

Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.

Geschützte Marken

Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.

Änderungsvorbehalt

Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.

Dokumentinformation

Dokument-ID	D0229982-5		
Vermerk	Originaldokument		
Datum	Sprache	DCC	Werk / Abteilung
2020-02-18	de	DA	WRD Management Support GmbH / Technische Redaktion

Allgemeines

Dieses Dokument gilt für Windenergieanlagen der Plattformen EP1 bis EP4 (E-44, E-48, E-53, E-70 E4, E-82 E2, E-82 E4, E-92, E-103 EP2, E-101, E-115, E-115 E2, E-115 EP3 E3, E-126 EP3, E-138 EP3, E-138 EP3 E2, E-126 EP4 und E-141 EP4).

Periodischer Schattenwurf ist die wiederkehrende Verschattung des direkten Sonnenlichts durch die Bewegung der Rotorblätter einer Windenergieanlage. Das Auftreten dieses Effekts ist abhängig von der aktuellen lokalen Wetterlage, der Ausrichtung der Gondel entsprechend der Windrichtung, dem Sonnenstand und den Betriebszeiten der Windenergieanlage.

Funktionsweise

Die Schattenabschaltung ist in der Steuerung der Windenergieanlage integriert und wird anlagenbezogen bei der Windenergieanlage aktiviert, für die eine Schattenabschaltung erforderlich ist. Eine Abschaltung mehrerer Windenergieanlagen über ein System ist nicht möglich.

Zusätzlich müssen die optional verfügbaren Sensoren zur Messung der Beleuchtungsstärke verbaut sein.

Bei Windenergieanlagen, die an Standorten stehen, an denen die Sensoren durch Bäume oder Gebäude verdeckt werden könnten, werden die Sensoren gegebenenfalls erhöht angebracht.

Bestimmung der potentiellen Schattenwurfzeit

Der Schattenabschaltung liegt ein kalendarisches System zugrunde. Die Anfangs- und Endzeiten des astronomisch möglichen Schattenwurfs für betroffene Immissionsorte werden unter Berücksichtigung der standortspezifischen Parameter wie Nabenhöhe, Rotordurchmesser und Koordinaten der Windenergieanlage sowie der Lage des Immissionsorts und dessen Topografie berechnet.

Die daraus ermittelten Abschaltzeiten werden in die Steuerung der Windenergieanlage programmiert.

Ein Feinabgleich dieser Abschaltzeiten ist für jeden Immissionsort und Zeitraum jederzeit durchführbar.

Messung der Beleuchtungsstärke

Die Erzeugung periodischen Schattenwurfs ist abhängig von der Sonneneinstrahlung. Gemäß den Aussagen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) ist Schattenwurf zu erwarten, wenn die Sonneneinstrahlung auf der zur Einfallrichtung normalen Ebene mehr als 120 W/m^2 beträgt.

Die Höhe der Beleuchtungsstärke auf einer waagerechten Messfläche wird vom Sonnenstand sowie vom fotometrischen Strahlungsäquivalent beeinflusst. Dieses wird von der Lichtbrechung und der Lufttrübung bestimmt und ist ebenfalls vom Sonnenstand abhängig. Für die Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit zum Sonnenstand können somit nur näherungsweise Werte bestimmt werden.

Für die Schattenabschaltung wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem das Auftreten von Schattenwurf jederzeit genau beurteilt werden kann. Zur Messung der Beleuchtungsstärke werden 3 Sensoren im Winkel von 120° im unteren Bereich des Turms der Windenergieanlage montiert. Durch diese Anordnung befinden sich mindestens ein Sensor an der Sonnenseite und ein Sensor an der Schattenseite des Turms. Die Steuerung der Windenergieanlage ermittelt aus den Messwerten der 3 Sensoren die höchste und die niedrigste Beleuchtungsstärke, also die Licht- und die Schattenintensität.

Die Beurteilung, ob Schattenwurf möglich ist, erfolgt somit nicht über eine mit Toleranzen behaftete Messung der Beleuchtungsstärke, sondern über das Verhältnis von Licht- zu Schattenintensität und der daraus ermittelten Abschaltintensität.

Für eine Beleuchtungsstärke von 120 W/m^2 beträgt die ermittelte Abschaltintensität 36 %. Dieser Wert ist unabhängig vom Sonnenstand. Sinkt das Verhältnis von Licht- zu Schattenintensität unter 36 %, liegt eine Beleuchtungsstärke von mehr als 120 W/m^2 vor. Es kommt zu Schattenwurf.

Dieser Wert wurde im Rahmen eines 2-jährigen Praxistests von Schattenabschaltmodulen validiert. Die Abschaltintensität kann bei Bedarf individuell verändert werden.

Abschaltautomatik

Sobald innerhalb des programmierten Zeitfensters der eingestellte Wert der Abschaltintensität unterschritten ist, wird die Schattenabschaltung aktiviert. Eine Mittelwertbildung für die gemessene Beleuchtungsstärke erfolgt nicht. Die Abschaltautomatik reagiert auch bei einer kurzzeitigen Unterschreitung des eingestellten Werts der Abschaltintensität. Eine Verzögerungszeit für das Ansprechen der Schattenabschaltung kann über Filterzeiten definiert werden. Ein Parameter legt fest, wie lange im Mittel das Verhältnis von Licht- zu Schattenintensität unter dem voreingestellten Wert der Abschaltintensität liegen muss, damit die Schattenabschaltung aktiviert wird.

Ändern sich die Lichtverhältnisse so, dass Schattenwurf nicht mehr möglich ist, bleibt die Schattenabschaltung zunächst aktiv. Die Schattenabschaltung wird deaktiviert und die Windenergieanlage nimmt den Betrieb wieder auf, wenn das programmierte Zeitfenster abgelaufen ist oder wenn über einen vorgegebenen Zeitraum der Wert der Abschaltintensität dauerhaft überschritten wird. Ein Parameter legt fest, wie lange im Mittel das Verhältnis von Licht- zu Schattenintensität über dem voreingestellten Wert der Abschaltintensität liegen muss, damit die Schattenabschaltung deaktiviert wird.

Erweiterte Funktionen

Die Schattenabschaltung kann auch ohne Berücksichtigung der Beleuchtungsstärke erfolgen. Dabei wird die Windenergieanlage zeitgesteuert nach den in der Steuerung programmierten Zeitfenstern abgeschaltet. Die Windenergieanlage wird dann auch bei Bewölkung angehalten.

Durch die verfügbare Wochentagfunktion kann die Abschaltung auf ausgewählte Wochentage begrenzt werden. Diese Funktion ist beispielsweise für Windenergieanlagen sinnvoll, die an Industrie- oder Gewerbegebiete angrenzen, in denen an Wochenenden keine Tätigkeiten in schützenswerten Arbeitsräumen stattfinden.

Die erweiterten Funktionen können gezielt für ausgewählte Immissionsorte umgesetzt werden.

Toleranzen und Sicherheit

Der für die Messung der Beleuchtungsstärke verwendete Sensortyp weist in der Regel eine Toleranz von $\pm 10\%$ auf. Nach Überprüfung der Sensoren werden im Rahmen der Qualitätssicherung werksseitig jeweils 3 Sensoren ausgewählt, die zueinander eine Toleranz von maximal $\pm 1\%$ aufweisen. Da keine absoluten Messwerte für die Auswertung der Signale von Bedeutung sind, sondern nur das Verhältnis der Beleuchtungsstärken, wird so eine sehr hohe Genauigkeit erzielt.

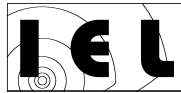
Zudem wird die Funktion der Lichtsensorik während des Betriebs 2-mal täglich automatisch auf Plausibilität geprüft. Hierzu werden die Spannungen an den 3 Lichtsensoren um 3 Uhr und um 13 Uhr gemessen. Sind die gemessenen Werte nicht plausibel, wird eine Meldung generiert.

Durch den Ausfall eines Sensors, z. B. durch Kabelbruch oder Kurzschluss, fällt das Verhältnis von Schatten- zu Lichtintensität unter den Wert der Abschaltintensität. Die Windenergieanlage hält innerhalb des programmierten Zeitfensters an und eine Meldung wird generiert.

Protokollierung

Die Aktivierung der Schattenabschaltung wird von der Datenfernübertragung als Statusmeldung mit Datum, Uhrzeit und Dauer protokolliert und über mehrere Jahre gespeichert.

Bei Bedarf erfolgt eine Protokollierung der gemessenen Daten der Lichtsensorik. Dabei wird das Verhältnis von Schatten- und Lichtintensität als Minutenmittelwert sowie das Minimum und das Maximum des Minutenintervalls und die definierte Abschaltintensität protokolliert.



Literaturverzeichnis

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz

Literaturverzeichnis

1. **ISO 2813 / Beschichtungsstoffe-Bestimmung des Glanzwertes unter 20°, 60° und 85° ISO 2813:2014 Deutsche Fassung EN ISO 2813:2014**
2. **Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen Aktualisierung 2019 (WEA- Schattenwurf-Hinweise); Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI); 23.01.2020**
3. **Meeus, Jean / „Astronomische Algorithmen“ / Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig-Berlin-Heidelberg; 2. Auflage 1994 (Kap. 24, Koordinaten der Sonne)**
4. **Dr. J. Pohl / Dr. F. Faul / Prof. Dr. R. Mausfeld: Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen / 1999**
5. **Dr. J. Pohl / Dr. F. Faul / Prof. Dr. R. Mausfeld: Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen / 2000**
6. **DIN / EN ISO/IEC 17025:2018: Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien**
7. **OpenStreetMap Foundation: OpenStreetMap (OSM); <http://www.openstreetmap.org>**
8. **DAkKS - Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH: Akkreditierungs-Urkunde IEL GmbH; D-PL-11011-01-00; Berlin, Deutschland; 21.08.2020**
9. **Nielsen, P., P. Madsen, T. Sørensen, K. Bredelle, T. Sørensen, L. Svenningsen R. Funk und G. Potzka: windPRO WIKI; EMD International A/S, Aalborg, Dänemark; EMD Deutschland GbR, Kassel, Deutschland; 08/2017 http://help.emd.dk/mediawiki/index.php?title=Handbuch_SHADOW**
10. **U.S. Geological Survey (USGS): Shuttle radar topography mission (SRTM); ita.cr.usgs.gov/SRTM**
11. **Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI); 08.10.2012**