

Bericht

2022PAV00960

**Schattenwurfprognose für
eine Windenergieanlage des Typs
Vestas V172-7.2 NH 175m**

Standort: **Zinndorf, Brandenburg, Deutschland**

Kunde:

WKN GmbH
Otto-Hahn-Str. 12-16
25813 Husum



Husum, 19/12/2022

Version	Datum	Veränderung	Kommentar
0	19/12/2022	-	Erstausgabe

Haftungsausschluss

Die vorliegenden Berechnungsergebnisse in diesem Bericht wurden von der PAVANA GmbH gemäß dem Stand der Technik nach bestem Wissen und Gewissen erstellt. Für die physikalische Einhaltung der abgeschätzten Ergebnisse werden seitens der PAVANA GmbH keine Garantien übernommen. Eine auszugsweise Vervielfältigung dieses Berichtes ist nur mit schriftlicher Zustimmung der PAVANA GmbH erlaubt.

Bericht-Nr.: 2022PAV00960

Datum des Auftrags: 14/11/2022

Kunde: WKN GmbH
Otto-Hahn-Str. 12-16
25813 Husum

Kontakt: Alexander Hübner

Auftragnehmer: PAVANA GmbH
Haus der Zukunftsenergien
Otto-Hahn-Straße 12 – 16
D – 25813 Husum

Aufgabe: Schattenwurfprognose für eine Windenergieanlage des Typs Vestas V172-7.2
NH 175m

Verfasser:



Kirsten Ulner
Senior Wind & Site

Prüfer:

Dipl.-Ing. Lars Levermann
Head of Pavana GmbH

Freigabe:

Dipl.-Ing. Lars Levermann
Head of Pavana GmbH

Husum, 19/12/2022

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	5
1 AUFGABENSTELLUNG	5
2 STANDORTDATEN	6
2.1 Immissionsorte	7
2.2 Zusatzbelastung	9
3 ERGEBNISSE DER IMMISSIONSBERECHNUNG	10
3.1 Astronomisch mögliche Beschattungsdauer	10
4 ZUSAMMENFASSUNG	11
5 QUALITÄT DER PROGNOSE	11
6 THEORETISCHE GRUNDLAGEN	12
ANHANG	13

Vorwort

Die vorliegende Schattenwurfprognose für den Standort *Zinndorf* (Brandenburg) wurde von der PAVANA GmbH gemäß dem Stand der Technik nach bestem Wissen und Gewissen erstellt.

Für die physikalische Einhaltung der prognostizierten Ergebnisse der Schattenwurfberechnung werden seitens der PAVANA GmbH keine Garantien übernommen. Sie basieren auf den Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)¹ sowie den von der PAVANA GmbH und dem WEA-Hersteller gestellten Standort- und Anlagendaten.

1 Aufgabenstellung

Die WKN GmbH plant am Standort *Zinndorf* (Brandenburg) in der Gemeinde *Rehfelde* im Landkreis *Märkisch-Oderland* südöstlich von *Zinndorf* und nordwestlich von *Heidekrug* die Errichtung einer Windenergieanlage des Typs Vestas V172-7.2 NH 175m. Es soll eine Ermittlung und Bewertung des periodischen Schattenwurfes für die zu erwartenden optischen Immissionen durch die geplanten WEA durchgeführt werden.

Durch den sich bewegenden Anlagenrotor können störende optische Beeinträchtigungen in der Umgebung verursacht werden. Dieser Effekt ist rechtlich als Immission im Sinne von § 3 (2) des Bundesimmissionsschutzgesetzes anzusehen.

Die Prognose des Schattenwurfs im Umfeld von WEA stützt sich auf eine standortbezogene Berechnung des veränderlichen astronomischen Sonnenstandes. Aufgrund des hiesigen scheinbaren Sonnenlaufes sind insbesondere in westlicher und östlicher Richtung zu einer WEA grundsätzlich große Schattenreichweiten möglich. Ziel ist daher die sichere Begrenzung der Einwirkdauer derartiger Immissionen in schutzwürdigen Wohn- und Arbeitsbereichen.

Die Grenzwerte an den jeweiligen Immissionspunkten, ggf. unter kumulativer Berücksichtigung der Beiträge aller einwirkender WEA, dürfen 30 Stunden pro Jahr sowie 30 Minuten pro Tag für die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer nicht überschreiten (worst case).

Die Berechnung wird mit der Software WindPRO 3.6 (EMD), Modul SHADOW, durchgeführt.

Eine weitere Berechnungsgrundlage für die Schattenwurfprognose ist das Digitale Geländehöhenmodell DGM.

¹ Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windkraftanlagen, Aktualisierung 2019 (WKA-Schattenwurf-Hinweise), 23.01.2020

2 Standortdaten

Abbildung 1 stellt den Standort sowie die geplanten und die bestehenden WEA dar.

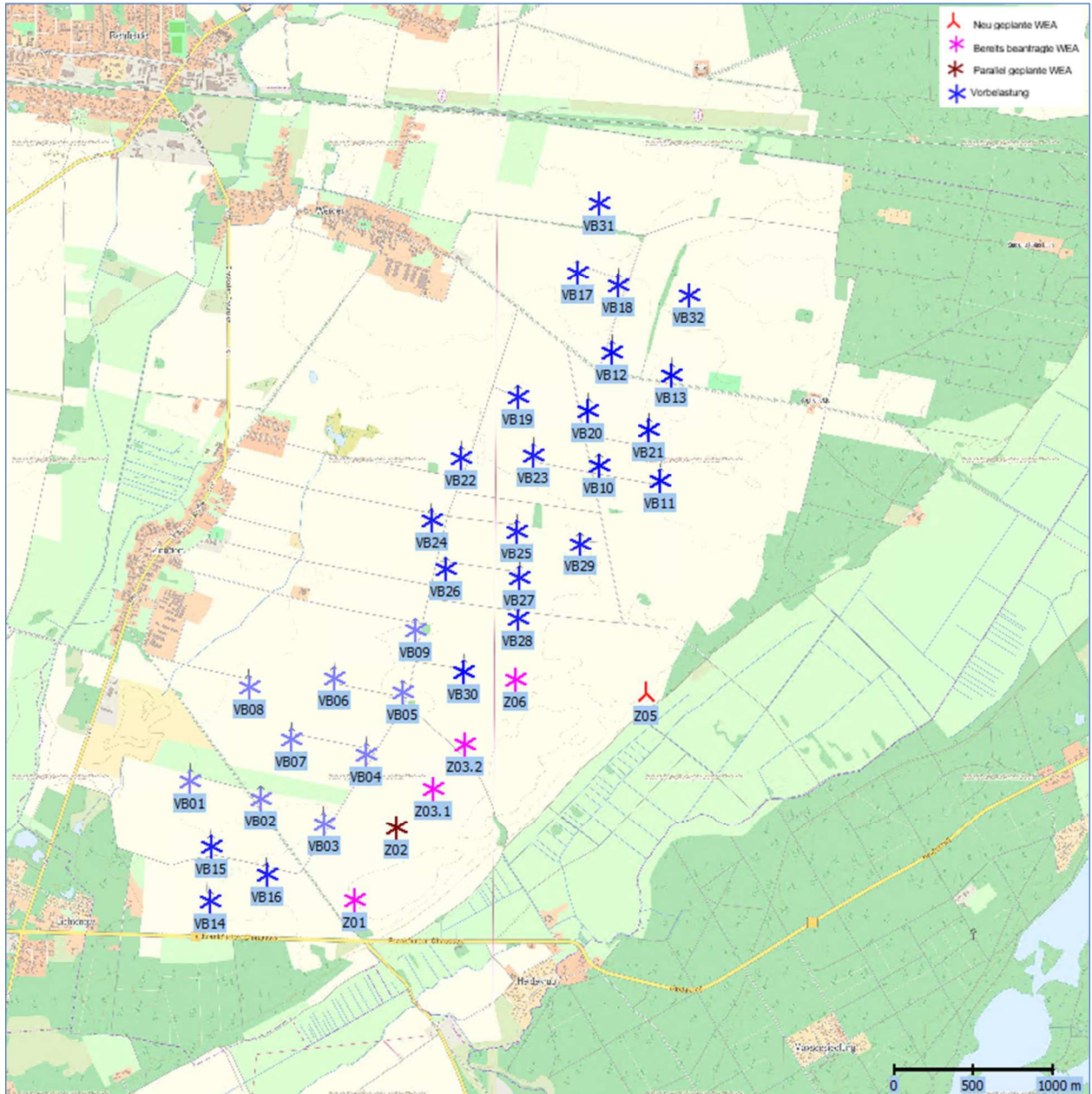


Abbildung 1: WEA-Standorte am Standort Zinndorf, Brandenburg (©GeoBasis-DE/ BKG/ ZSHH 2020/2021)

2.1 Immissionsorte

Für die Berechnung der Schattenimmissionen am Standort *Zinndorf* wurden innerhalb des Beschattungsbereichs der neu geplanten WEA **keine** Immissionsorte ermittelt. Exemplarisch werden zum Nachweis drei Immissionsorte außerhalb des Beschattungsbereichs berechnet. Als nicht erheblich belästigend wird der periodische Schattenwurf an einem Immissionsort angesehen, wenn die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer nicht mehr als 30 Std. pro Kalenderjahr und darüber hinaus nicht mehr als 30 Minuten pro Kalendertag beträgt.

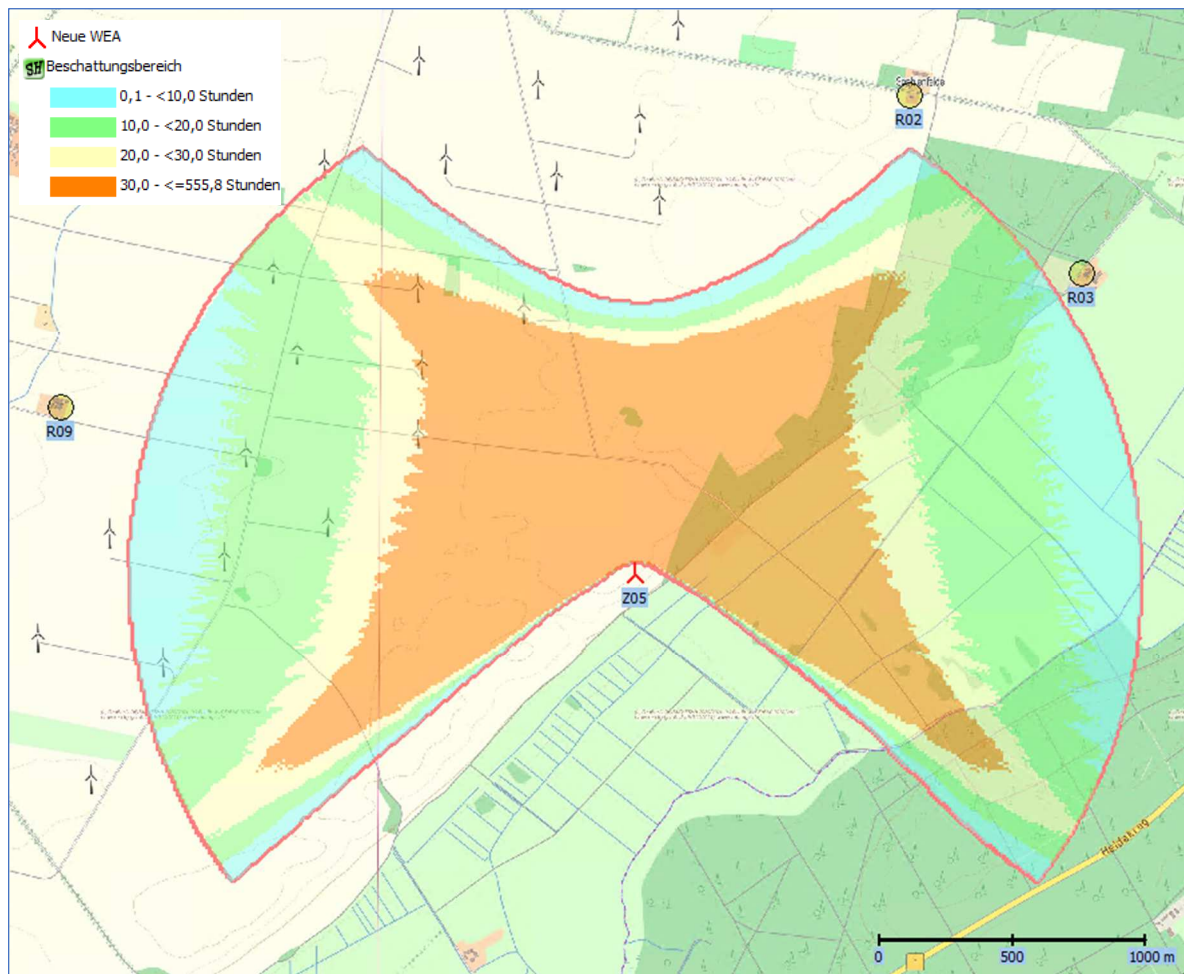


Abbildung 2: Beschattungsbereich der neu geplanten WEA (©GeoBasis-DE/ BKG/ ZSHH 2020/2021)

In der Umgebung der geplanten Windenergieanlagen wurden drei Immissionsorte (im folgenden IO genannt) mit Hilfe von topografischen Karten und Satellitendaten definiert und am 22/06/2021 von (Name) einem Mitarbeiter der PAVANA GmbH im Rahmen einer Standortbesichtigung verifiziert. Die ausgewählten Immissionsorte stehen stellvertretend für sensible Bereiche in ihrer Nachbarschaft. In nachfolgender Tabelle 1 sind die Koordinaten und die Beschreibungen der Immissionsorte angegeben.

Tabelle 1: Koordinaten der Rezeptoren (UTM ETRS89 Z33)

IO	Beschreibung	X [m]	Y [m]
R02	Siedlung Sophienfelde 1	431.096	5.818.289
R03	Siedlung Sophienfelde 3	431.734	5.817.614
R09	Zinndorf, Zinndorferstr. 36	427.886	5.817.163

Die Lage und Dokumentation der Immissionsorte sind den nachfolgenden topographischen Karten (Abbildung 3 und Abbildung 4) zu entnehmen.

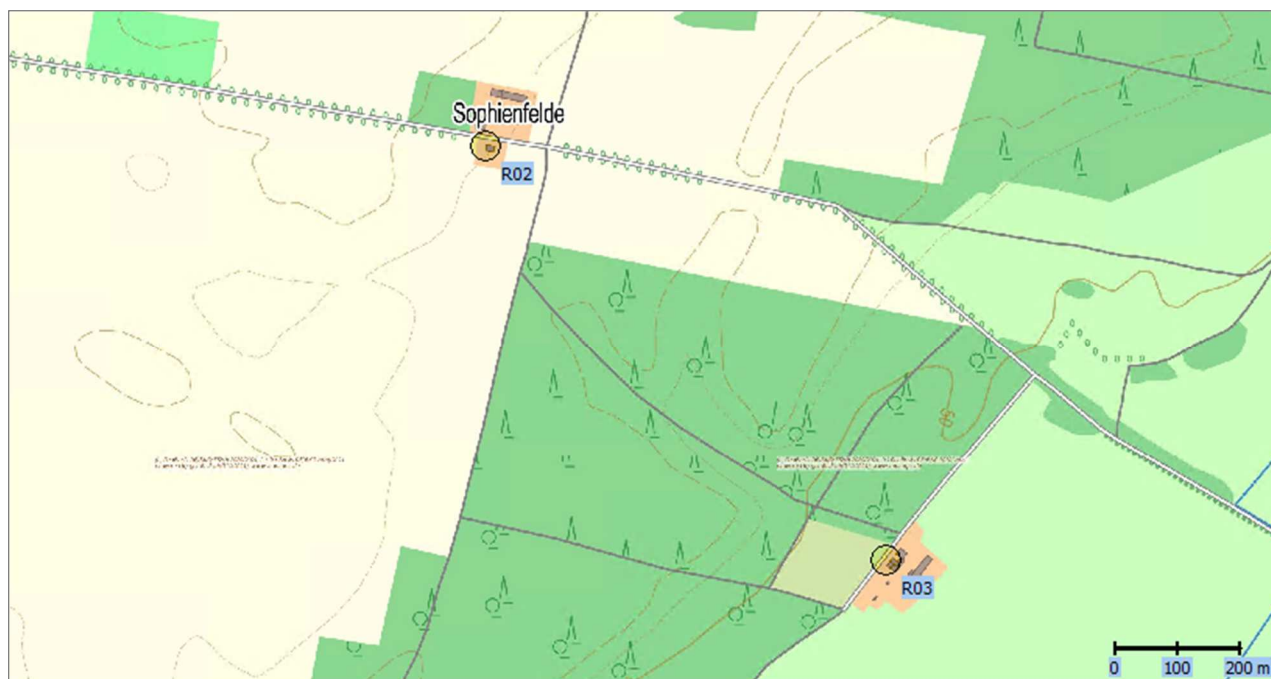


Abbildung 3: Immissionsorte R02 und R03 Sophienfelde (©GeoBasis-DE/ BKG/ ZSHH 2020/2021)

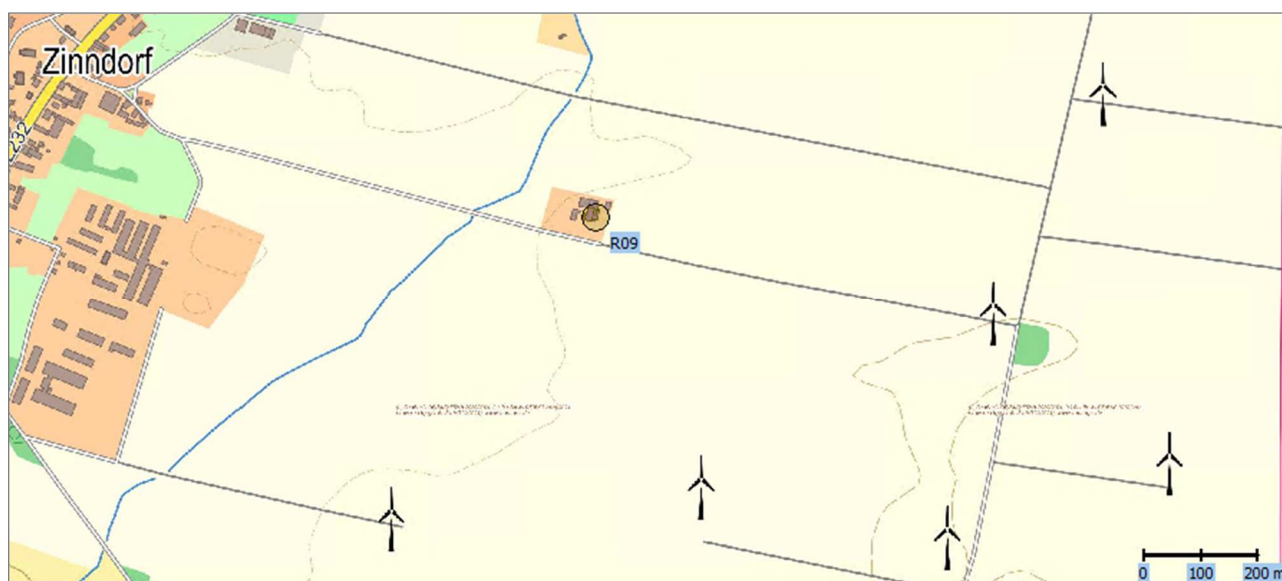


Abbildung 4: Immissionsorte R09 östlich von Zinndorf (©GeoBasis-DE/ BKG/ ZSHH 2020/2021)

2.2 Zusatzbelastung

Die Koordinaten und Kenndaten der neu geplanten WEA sind Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2: Koordinaten und Kenndaten der geplanten WEA (UTM ETRS89 - Zone 32) am Standort Zinndorf, Brandenburg

Bez. / Nr.	WEA-Typ	X [m]	Y [m]	Z [m]	NH [m]	max. Blatttiefe [m]	min. Blatttiefe bei 90% Radius [m]	mittlere Blatttiefe [m]	Beschattungsbereich [m]
Z05	Vestas V172-7.2	430.037	5.816.506	58,0	175	4,35	1,26	2,8	1.903

3 Ergebnisse der Immissionsberechnung

3.1 Astronomisch mögliche Beschattungsdauer

Für einen vertikalen Rezeptor im „Gewächshaus-Modus“ (Öffnungswinkel 360°, 10 cm x 10 cm) mit einer Bezugshöhe über Grund von 2 m wurde die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer (worst case) berechnet. Dies bedeutet, dass Stillstandzeiten der WEA, die Windrichtung und Bewölkung nicht berücksichtigt werden. Die einzuhaltenden Immissionsrichtwerte betragen:

- Max. 30 Stunden astronomisch maximal mögliche Beschattung pro Jahr
- Max. 30 Minuten astronomisch maximal mögliche Beschattung pro Tag

Für die Beurteilung des Schattenwurfs an den ausgewählten Immissionspunkten wird die Zusatzbelastung berechnet. Die Ergebnisse der „worst case“ Schattenwurfberechnung für die maximale, jährliche Schattenwurfdauer und die maximale, tägliche Schattenwurfdauer sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3: Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer an den Immissionsorten für die Zusatzbelastung am Standort Zinndorf, Brandenburg

IO	Jährliche Beschattungsdauer (worst case)	Tägliche Beschattungsdauer (worst case)
	Zusatzbelastung [Std/Jahr]	Zusatzbelastung [Std/Tag]
R02	0:00	0:00
R03	0:00	0:00
R09	0:00	0:00

Die detaillierten Ergebnisse sind den beiliegenden Ausdrucken der Berechnungssoftware sowie den Schattenwurf-Übersichtskarten zu entnehmen.

4 Zusammenfassung

Für den Standort *Zinndorf* wurde für den verursachten Schattenwurf durch eine geplante WEA eine Schattenimmissionsprognose durchgeführt.

Die Beurteilung der vorliegenden Berechnungsergebnisse erfolgt nach den Hinweisen zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (LAI)². Darin wird davon ausgegangen, dass pro Jahr max. 30 Std. bzw. pro Tag max. 30 Min. des Schattenwurfes zumutbar sind.

Es befinden sich keine Immissionsorte im Beschattungsbereich der neu geplanten WEA.

In Bezug auf die Immissionen durch periodischen Schattenwurf der WEA ist das Vorhaben somit als unkritisch zu bewerten.

5 Qualität der Prognose

Das Berechnungsverfahren nach den „Hinweisen zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windkraftanlagen“ des Länderausschuss für Immissionsschutz, LAI 2019 legt der Schattenwurfprognose günstige Mitwindsituationen zu Grunde. Es gilt die Annahme einer minimal relevanten Sonnenhöhe von 3°, sodass der Schattenwurf für Sonnenstände unter 3° Erhöhung über Horizont nicht in die Berechnung eingeht. Nicht berücksichtigt werden Lufttrübung, Sonnenausdehnung und Flügelform. Die Berechnungen der Schattenprognose beinhaltet nach sachverständiger Erfahrung ausreichend Sicherheit.

² Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen von Windenergieanlagen Aktualisierung 2019 (WEA-Schattenwurf-Hinweise) Stand 23.01.2020

* An diesem Immissionsort werden die Richtwerte bereits durch die Vorbelastung überschritten. Eine weitere Überschreitung wird durch die Abschaltung verhindert.

6 Theoretische Grundlagen

Der Sonnenstand bildet die Grundlage für die Berechnung des Schattenwurfs. Der Stand der Sonne ist im Wesentlichen von der Erdrotation, der Neigung der Erdachse und der elliptischen Laufbahn der Erde um die Sonne abhängig. Weiterhin müssen für jeden beliebigen Standort die geographischen, jahreszeitlichen und tageszeitlichen Daten berücksichtigt werden.

Im Allgemeinen wird beim Schattenwurf zwischen Kern- und Halbschatten unterschieden. Der Kernbereich eines Schattens entspricht dem Bereich, in dem die direkten Sonnenstrahlen durch ein Hindernis vollständig verdeckt werden. Der Halbschatten ist der Bereich, auf den nur ein Teil des Sonnenlichts auftritt. Da Windenergieanlagen schmale Rotorblätter besitzen, ist der Kernschatten nur sehr kurz und wird in den Berechnungen nicht berücksichtigt.

Der Verlauf des periodischen Schattenwurfs (Abbildung 5) wird über den Sonnenstand, den Standort bzw. die Standorte der WEA und die Lage der maßgeblichen Immissionspunkte ermittelt. Dazu sind die Koordinaten der WEA und Immissionspunkten sowie die Ausmaße der WEA (Nabenhöhe und Rotordurchmesser) notwendig.

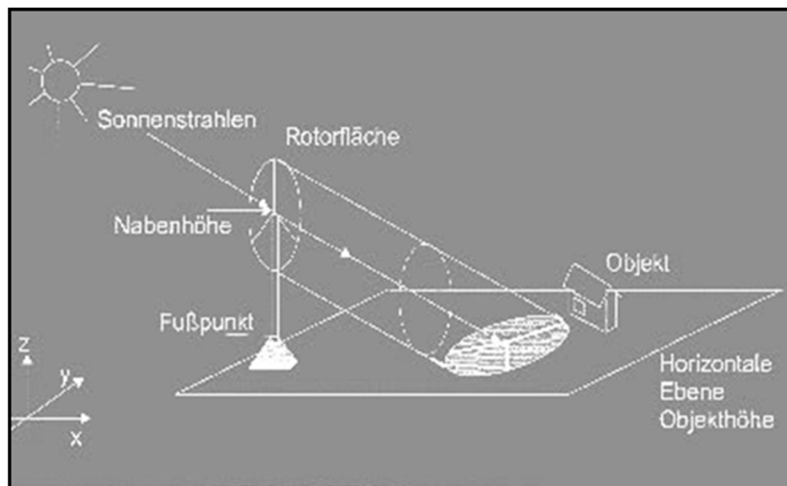


Abbildung 5: Schattenwurf des Rotors

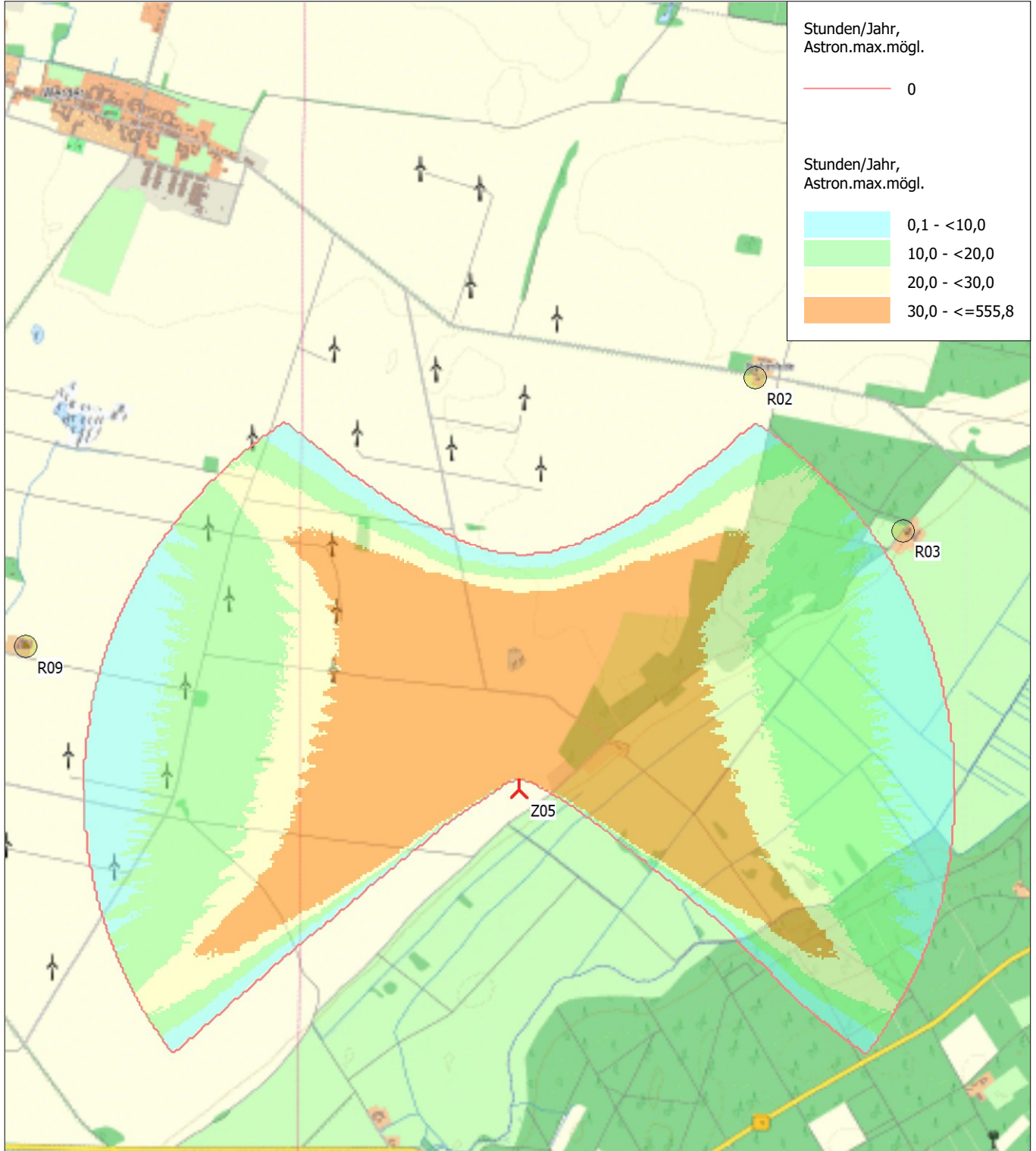
Zur Ermittlung des Schattenwurfs an einem Immissionsort wird dort ein virtueller Schattenrezeptor mit den Ausmaßen der zu untersuchenden Fläche platziert. Bei der Simulation des Sonnenstandes über ein Jahr registriert der virtuelle Rezeptor den Schattenwurf in diesem Zeitraum. Die Simulation des Verlaufs der Sonne wird mit der Software WindPRO (Modul SHADOW) mit einer zeitlichen Auflösung von zwei Minuten von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang über das ganze Jahr durchgeführt. Unter Berücksichtigung einer minimalen Sonnenhöhe, der Koordinaten, der Lage und Größe des Rezeptors sowie der WEA-Daten wird so über die Simulation ermittelt, ob am Rezeptor ein Schattenwurf durch eine oder mehrere Windenergieanlagen auftritt. Tritt ein Schlagschatten auf, werden für diesen das Datum, der Beginn, das Ende und die Dauer sowie die verursachende WEA des Schattens angegeben. Daraus werden wiederum über ein ganzes Jahr die Anzahl der Schattentage und die gesamte Schattenwurfdauer berechnet.

Anhang

- Schattenwurfkarten der astronomisch maximal möglichen Beschattungsdauer
- Ausdrücke der Berechnungssoftware

SHADOW - Karte

Berechnung: 2022PAV00960 Zusatzbelastung WEA Z05



0 250 500 750 1000m

▲ Neue WEA

● Schattenrezeptor

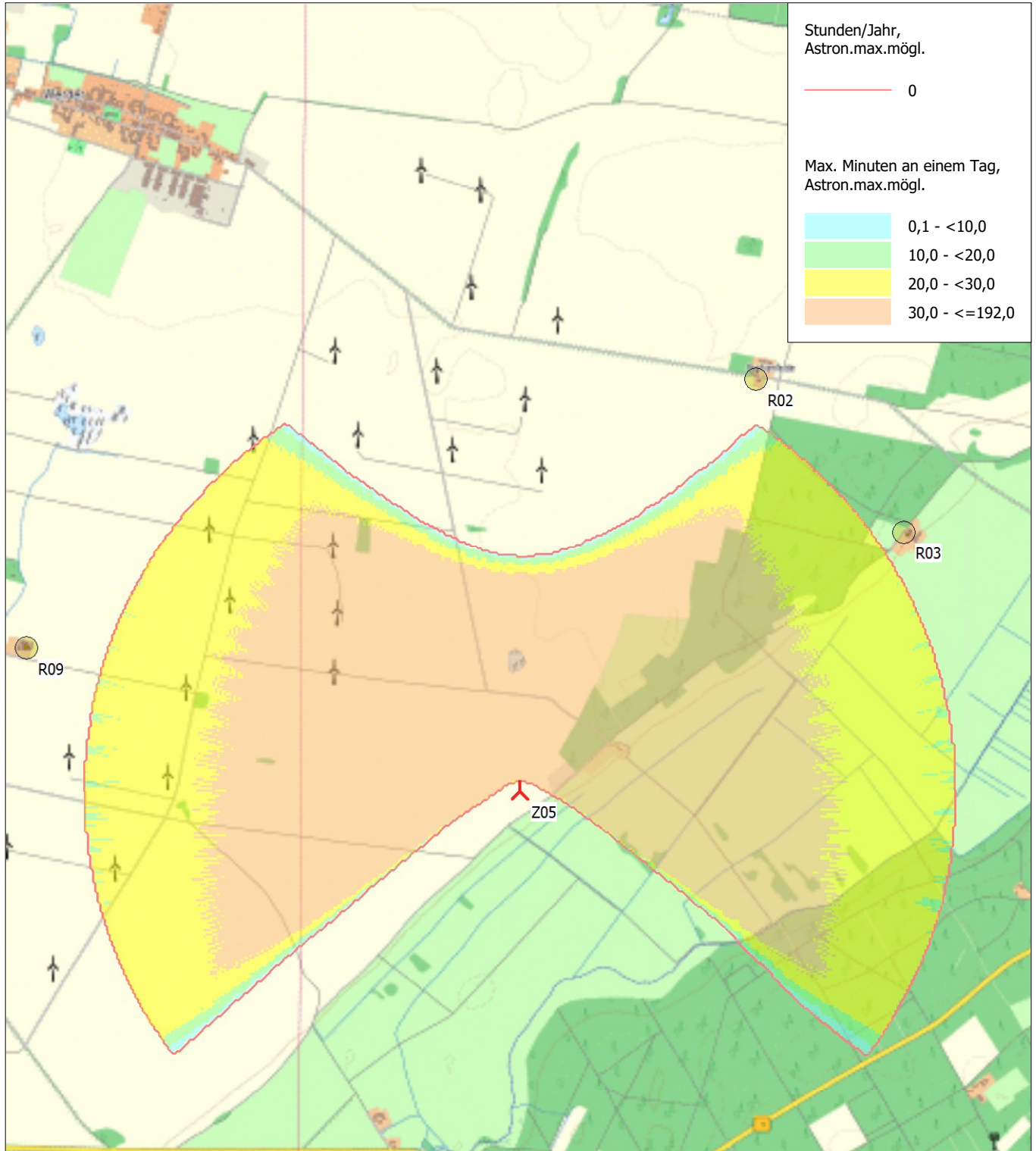
Karte: WindPRO map , Maßstab 1:25.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 33 Ost: 430.070 Nord: 5.817.470

Höhe der Schattenkarte: Elevation Grid Data Object: EMN20140106_Rehfelde_Zinndorf_EMDGrid_0.wpg (74)

Zeitschritt: 3 Minuten, Schrittweite: 7 Tag(e), Kartenaufösung: 10 m, Sichtbarkeit Auflösung: 10 m, Augenhöhe: 1,5 m

SHADOW - Karte

Berechnung: 2022PAV00960 Zusatzbelastung WEA Z05



0 250 500 750 1000m

Neue WEA Schattenrezeptor
Karte: WindPRO map , Maßstab 1:25.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 33 Ost: 430.070 Nord: 5.817.470
Höhe der Schattenkarte: Elevation Grid Data Object: EMN20140106_Rehfelde_Zinndorf_EMDGrid_0.wpg (74)
Zeitschritt: 3 Minuten, Schrittweite: 7 Tag(e), Kartenaufösung: 10 m, Sichtbarkeit Auflösung: 10 m, Augenhöhe: 1,5 m

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: 2022PAV00960 Zusatzbelastung WEA Z05 Annahmen für Schattenwurfberechnung

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

Minimale relevante Sonnenhöhe über Horizont 3 °
Tage zwischen Berechnungen 1 Tag(e)
Berechnungszeitsprung 1 Minuten
Die dargestellten Zeiten sind die astronomisch maximal mögliche
Beschattungsdauer, berechnet unter folgenden Annahmen:
Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang
Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinstrahlung
Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

Eine WEA wird nicht berücksichtigt, wenn sie von keinem Teil der
Rezeptorfläche aus sichtbar ist. Die Sichtbarkeitsberechnung basiert auf
den folgenden Annahmen:
Verwendete Höhenlinien: Elevation Grid Data Object: EMN20140106_Rehfeld
Rasterauflösung: 1,0 m

Alle Koordinatenangaben in:
UTM (north)-ETRS89 Zone: 33



Neue WEA

Maßstab 1:50.000
Schattenrezeptor

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich	U/min
Z05	430.037	5.816.506	58,0	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O...	Ja	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	175,0	1.903	0,0

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
R02	Siedlung Sophienfelde 1	431.096	5.818.289	62,6	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
R03	Siedlung Sophienfelde 3	431.734	5.817.614	47,1	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1
R09	Zinndorf, Zinndorferstr. 36	427.886	5.817.163	53,5	0,1	0,1	2,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,1

Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

astron. max. mögl. Beschattungsdauer

Nr.	Name	Stunden/Jahr [h/a]	Schattentage/Jahr [d/a]	Max.Schattendauer/Tag [h/d]
R02	Siedlung Sophienfelde 1	0:00	0	0:00
R03	Siedlung Sophienfelde 3	0:00	0	0:00
R09	Zinndorf, Zinndorferstr. 36	0:00	0	0:00

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal [h/a]
Z05	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! NH: 175,0 m (Ges:261,0 m) (594)	0:00

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