



## Schattenwurfprognose – Revision 0

Projekt: **Trebitz Nord 3**  
Errichtung von 4 Windenergieanlagen  
Typ eno160-6.0 mit einer Nabenhöhe von 165 m  
und einer Nennleistung von 6,0 MW

Bundesland: Brandenburg  
Deutschland

Berichtsdatum: Rerik, 02.07.2021

Berichtsnummer: enosite-0088-ST.b-2021-01

Bearbeitung: Astrid Zädow

### **enosite GmbH**

Straße am Zeltplatz 7  
18230 Ostseebad Rerik

Tel. 038296-747 400

[www.eno-site.com](http://www.eno-site.com)



|                   |  |
|-------------------|--|
| Auftraggeber:     | eno energy GmbH<br>Turnerweg 8<br>01097 Dresden<br>Herr Ulrike Burkhardt |
| Auftragnehmer:    | enosite GmbH<br>Straße am Zeltplatz 7<br>18230 Ostseebad Rerik           |
| Auftragsdatum:    | 26.05.2021   |
| Aufgabenstellung: | Erstellung einer Schattenwurfprognose                                    |
| Standort:         | Trebitz Nord 2   |
| erstellt von:     | Astrid Zädow   |
| geprüft von:      | Beate Mallow   |

| Bezeichnung               | Datum      | Seite(n) | Beschreibung                        |
|---------------------------|------------|----------|-------------------------------------|
| enosite-0088-ST.b-2021-01 | 02.07.2021 | 24       | Revision 0,<br>4x eno160-6.0, 165 m |
|                           |            |          |                                     |
|                           |            |          |                                     |



**Inhalt**

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| II          | Tabellenverzeichnis .....   | 4  |
| III         | Abbildungsverzeichnis .....   | 4  |
| 1           | Aufgabenstellung und verwendete Unterlagen.....                             | 5  |
| 2           | Grundlagen.....   | 7  |
| 3           | Standortbeschreibung.....   | 8  |
| 4           | Kenndaten der Windenergieanlagen.....                                       | 9  |
| 5           | Immissionsrichtwerte und Immissionsorte.....                                | 10 |
| 6           | Prognoseergebnisse, Zusatzbelastung .....                                   | 13 |
| 7           | Unsicherheitsbetrachtung .....  | 14 |
| 8           | Beurteilung der Berechnungsergebnisse .....                                 | 15 |
| 9           | Literatur .....   | 16 |
| Anhang..... |   | 17 |
| A-1         | Koordinaten der berücksichtigten Windenergieanlagen und Immissionsorte .... | 18 |
| A-2         | Fotodokumentation zu den Immissionsorten.....                               | 19 |
| A-3         | Berechnungsergebnisse der Zusatzbelastung .....                             | 21 |

## II Tabellenverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Tabelle 1: Spezifikationen der geplanten WEA..... | 10 |
| Tabelle 2: Adressen der relevanten IO .....       | 12 |
| Tabelle 3: Ergebnisse der Zusatzbelastung.....    | 13 |
| Tabelle 4: Koordinaten der WEA .....              | 18 |
| Tabelle 5: Koordinaten der IO.....                | 18 |

## III Abbildungsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 1: Darstellung Bildung Schattenwurf .....           | 7  |
| Abbildung 2: Übersicht Projekt Trebitz Nord 2 .....           | 9  |
| Abbildung 3: Beschattungsbereich Projekt Trebitz Nord 3 ..... | 12 |

## 1 Aufgabenstellung und verwendete Unterlagen

Der Auftraggeber, die eno energy GmbH, beauftragt die enosite GmbH mit der Erstellung einer Schattenwurfprognose für den Standort Trebitz Nord 3, Landkreis Dahme-Spreewald im Bundesland Brandenburg.

Für den angegebenen Standort wird vom Auftraggeber die Errichtung von 4 Windenergieanlagen (WEA) des Typs eno160-6.0 mit 165 m Nabenhöhe (NH) geplant.

Am Standort und in einem Umkreis von 4 km sind 41 bestehende und 20 fremdgeplante WEA im Genehmigungsverfahren zu berücksichtigen. Des Weiteren sind die 7 WEA aus den Planungen TN1-03, TN1-04, TS-01 sowie TN2 ebenfalls als Vorbelastung zu betrachten.

Die vom Auftraggeber bereitgestellten Angaben bezüglich des Typs und der Lage der berücksichtigten WEA werden als richtig und vollständig vorausgesetzt.

Der Standort wurde am 31.01.2020 besichtigt, wobei die WEA-Standorte und IO, die am 09.07.2013 mittels Feldprotokollen und Fotos dokumentiert wurden, durch die Bearbeiterin bestätigt werden konnten.

Für die Erstellung der Schattenwurfberechnung wurden folgende Unterlagen und Dokumente verwendet:

- Angaben zu NH, Anlagentyp und Standortkoordinaten der berücksichtigten WEA (Juni 2021)
- Standortbesichtigungen vom 09.07.2013, 31.01.2020, durch die Bearbeiterin
- Topografische Karten im Maßstab 1:50.000 (TK50)
- Luftbildaufnahmen

**Schutzvermerk entsprechend ISO 16016****Copyright © 2021 enosite GmbH**

Weitergabe sowie Vervielfältigung des Dokumentes, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz. Alle Rechte sind für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Geschmacksmustereintragung vorbehalten.

**Empfänger**

Die enosite GmbH übernimmt keine Verantwortung für den Inhalt dieses Berichtes gegenüber anderen Parteien als dem Kunden. Wenn dritte Personen sich in irgendeiner Weise auf den Inhalt dieser Prognose beziehen, geschieht dies ausschließlich auf eigenes Risiko.

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens ist es neben dem Auftraggeber auch den zuständigen Genehmigungsbehörden und den finanzierenden Banken gestattet, die vorliegende Schattenwurfprognose ausschließlich in vollem Umfang und nicht in Auszügen zu verwenden und zu prüfen.

**Haftungsausschluss**

Für die prognostizierten Ergebnisse der Schattenwurfprognose wird seitens des Gutachters keine Garantie übernommen. Sie basieren auf den Berechnungen mit dem Modul SHADOW der Software WindPRO in der Version 3.4.415 der Firma EMD International A/S aus Aalborg, Dänemark und den von den Anlagenherstellern gestellten Anlagendaten.

**Akkreditierung**

Die enosite GmbH ist von der „Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS)“ nach EN ISO/IEC 17025:2018 für den Bereich „Ermittlung des Schattenwurfs von Windenergieanlagen“ und nach den auf der Anlage zur Urkunde vermerkten Prüfverfahren akkreditiert.

Bearbeiter:

Prüfer:

*Astrid Zädow**Beate Mallow**Dipl.-Geogr.**Dipl.-Ing.*

## 2 Grundlagen

Die Drehbewegung der Rotoren von WEA führt zu einem unregelmäßigen, sich periodisch verändernden Schattenwurf.

Der Schattenwurf einer WEA ist von mehreren Faktoren abhängig. Neben der Sonnenscheindauer ist der Einfallswinkel der Sonne entscheidend. Dieser lässt sich aus astronomischen, jahreszeitlichen und geografischen Parametern bestimmen. Weitere Einflussgrößen sind der Standort, die NH, der Rotordurchmesser (RD) sowie die Rotorblatttiefe einer WEA. Der Zusammenhang zwischen Sonnenstand, NH, RD sowie Schattenfläche ist in der nachstehenden Abbildung 1 [1] zu erkennen.

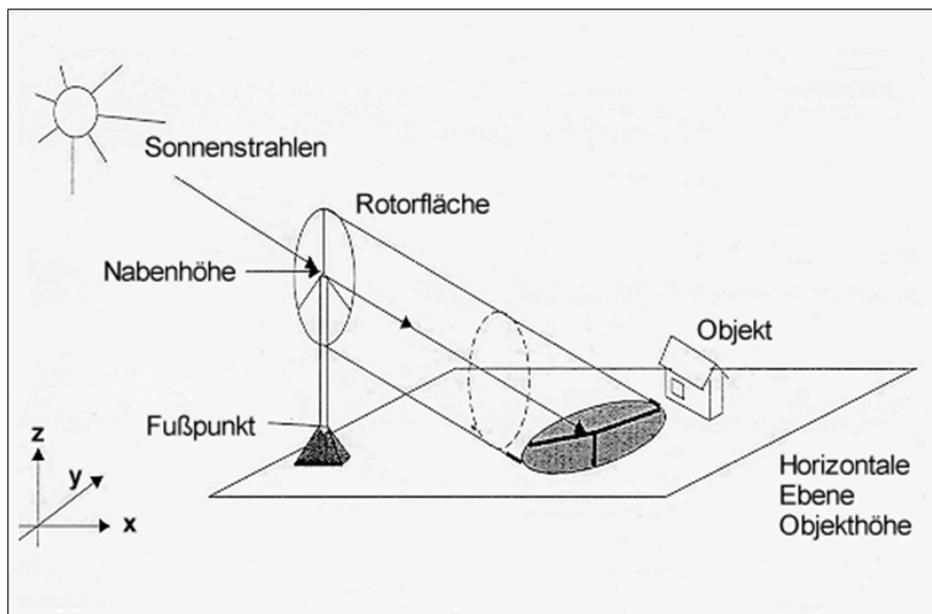


Abbildung 1: Darstellung Bildung Schattenwurf

Rein geometrisch betrachtet, reicht der Schatten bei Sonnenaufgang und -untergang unendlich weit, allerdings nimmt der Anteil der direkten Strahlung mit niedrigem Sonnenstand ab, da die Sonnenstrahlen einen längeren Weg durch die Atmosphäre zurücklegen müssen. Dies führt dazu, dass bei niedrigem Sonnenstand kaum Schattenwurf existiert. Da die Sonne keine Punktlichtquelle darstellt, sondern eine Kugel ist, hat das Licht einen Einstrahlungswinkel von  $0,531^\circ$  [2] (bei einem mittleren Abstand von 150.000.000 km zur Sonne). Dadurch gibt es Schattenbereiche, in denen die Sonnenstrahlen durch das Hindernis vollständig und Bereiche, in denen nur ein Teil der Sonnenstrahlen verdeckt werden. Diese Bereiche werden als Kern- und Halbschatten bezeichnet.

Im vorliegenden Fall des von WEA erzeugten periodischen Schattenwurfs ist der Rotor das Schatten verursachende Hindernis. Da die Rotorblätter relativ schmal sind, ist der Kernschatten recht kurz, sodass bei Einhaltung der üblichen Abstände der WEA zu Ortschaften mit potentiellen Immissionsorten (IO) nur der Halbschatten relevant ist.

Der Anteil der verdeckten Sonnenfläche und somit die Intensität des Halbschattens wird mit zunehmender Entfernung immer geringer. Die Helligkeitsschwankungen sind dann so gering, dass sie nicht mehr störend wirken bzw. nicht mehr wahrnehmbar sind.

In den WKA-Schattenwurf-Hinweisen (LAI) [3][2] wurde festgelegt, dass der Einwirkbereich ab einem Verdeckungsgrad der Sonne von 20 % zu betrachten ist, dies entspricht dem Grenzwert von 2,5 %, ab dem Helligkeitsunterschiede vom Menschen wahrgenommen werden können. Ebenso wird festgelegt, dass Sonnenstände unter 3° Erhöhung über dem Horizont wegen Bewuchs, Bebauung und der zu durchdringenden Atmosphärenschichten in ebenem Gelände nicht mehr zu berücksichtigen sind.

### 3 Standortbeschreibung

Der für die geplante Anlagen vorgesehene Standort befindet sich im Landkreis Dahme-Spreewald, rund 6,3 km südöstlich von Friedland (Niederlausitz), im Bundesland Brandenburg.

Das Gelände liegt zwischen der Stadt Friedland (Landkreis Oder-Spree) mit ihren Ortsteilen Schadow im Südwesten, Karras im Nordwesten, Günthersdorf und Weichensdorf im Norden sowie dem Ortsteil Ullersdorf der Gemeinde Jamlitz im Südosten und dem Ortsteil Trebitz der Stadt Lieberose im Süden (Landkreis Dahme-Spreewald). Die Geländehöhen im zu betrachtenden Bereich liegen zwischen rund 55 m über Normalhöhennull (NHN) am westlich vorbeifließenden Bach „Wuggelühlenfließ“ und bis ca. 95 m über NHN am Glinsberg.

Die Standorte der geplanten WEA TN3-01 bis TN3-04 befinden sich ca. 2,1 bis 2,7 km nördlich der namensgebenden Ortschaft Trebitz. Die nähere Umgebung des Planungsgebietes ist durch ausgedehnte Waldgebiete charakterisiert, welche vereinzelt von landwirtschaftlichen Nutzflächen, Lichtungen, Niederungen und dörflicher bzw. städtischer Bebauung unterbrochen werden.

In der Umgebung des Windparks Trebitz sind insgesamt 68 Bestandsanlagen zu berücksichtigen.

Eine Übersicht der örtlichen Situation gibt die Abbildung 2 wieder.

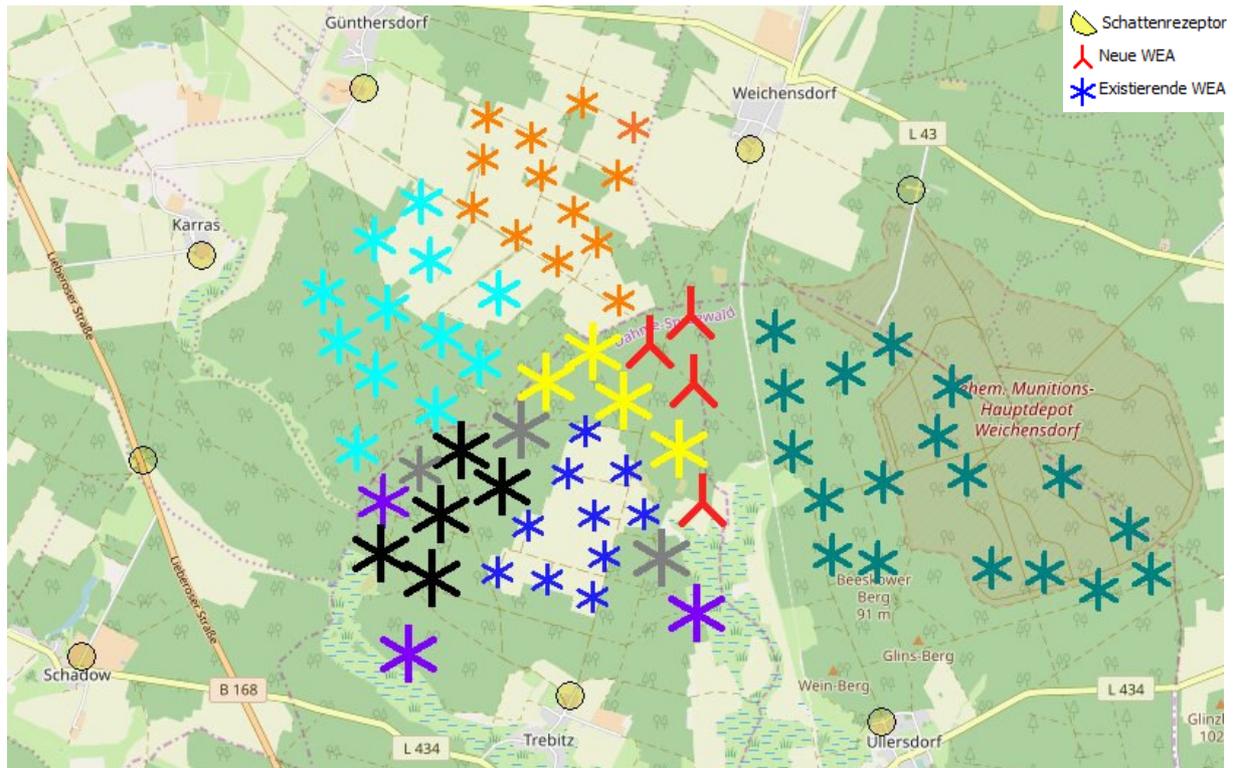


Abbildung 2: Übersicht Projekt Trebitz Nord 3

In der Abbildung 2 sind die Bestandsanlagen wie folgt zu unterscheiden:

grau: im Genehmigungsverfahren (Trebitz TN1-03, TN1-04, TS-01)

gelb: im Genehmigungsverfahren (Trebitz Nord 2)

lila: im Genehmigungsverfahren (Notus)

schwarz: im Genehmigungsverfahren (UKA)

hellblau: im Genehmigungsverfahren (WP Günthersdorf)

orange: bestehende WEA (WP Günthersdorf)

dunkelgrün: bestehende WEA (WP Ullersdorf)

dunkelblau: bestehende WEA (WP Trebitz)

#### 4 Kenndaten der Windenergieanlagen

Grundsätzlich verursachen WEA aufgrund der Rotation des Rotors einen periodisch auftretenden Schatten, der gemäß BImSchG § 3 Abs. 2 als Immission aufzufassen ist [4]. Durch Schattenwurf verursachte Gesundheitsgefährdungen sind bisher nicht bekannt. Daher ist der Schattenwurf einer WEA lediglich als Belästigung einzustufen. Im Rahmen der Genehmigung von WEA-Projekten ist zu prüfen, ob die durch Schattenwurf einer bzw. mehrerer WEA hervorgerufene Belästigung erheblich ist.

Für die Ermittlung der Schattenwurfimmissionen werden Standort, NH, RD und Rotorblatttiefe der zu betrachtenden WEA sowie die Lage der IO als Eingangsgrößen für die verwendete Berechnungssoftware benötigt. Zur Berechnung des Verdeckungsgrades der Sonne wird die Rotorblattgeometrie herangezogen. Über den gesamten Rotorflügel ist die Rotorblatttiefe nicht

konstant, sondern zum Rand hin abnehmend. Daher wird gemäß [2] ersatzweise ein rechteckiges Rotorblatt mit einer mittleren Blatttiefe als Grundlage verwendet. Diese mittlere Blatttiefe errechnet sich folgendermaßen:

$$\text{mittlere Blatttiefe} = \frac{\text{max. Blatttiefe} - \text{min. Blatttiefe bei 90\% Radius}}{2}$$

Die für die Prognoseberechnung erforderlichen Daten der untersuchten WEA sind in der nachfolgenden Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Spezifikationen der geplanten WEA

| WEA        | n | Nennleistung | RD    | NH    | Rotorblatttyp | max. Blatttiefe | Blatttiefe bei 90% Rotorradius | Beschattungsbereich |
|------------|---|--------------|-------|-------|---------------|-----------------|--------------------------------|---------------------|
|            |   | [kW]         | [m]   | [m]   | [-]           | [m]             | [m]                            | [m]                 |
| eno160-6.0 | 4 | 6.000        | 160,0 | 165,0 | LM78,3        | 4,12            | 1,02                           | 1.743               |

Die Koordinaten der WEA wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt und werden in der Tabelle 4 im Anhang aufgeführt.

## 5 Immissionsrichtwerte und Immissionsorte

Gemäß der Leitlinie der „Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windkraftanlagen Aktualisierung 2019“ des Länderausschusses für Immissionsschutz („WKA Schattenwurfhinweise“) vom 23.01.2020 [3] wird eine Einwirkung durch zu erwartenden periodischen Schattenwurf als nicht erheblich belästigend angesehen, wenn die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer aller WEA am jeweiligen IO nicht mehr als 30 Stunden je Jahr („worst case“) und darüber hinaus nicht mehr als 30 Minuten pro Tag beträgt.

Für die Berechnung des „worst case“ - Falles werden folgende Annahmen berücksichtigt: Die Sonne scheint den ganzen Tag bei wolkenlosem Himmel, die Rotorfläche steht senkrecht zur Sonneneinstrahlung und die Rotoren der Anlagen drehen durchgängig. Dies ist in der Realität nicht der Fall. Real zu erwartende Schattenwurfzeiten können unter Berücksichtigung der Parameter Sonnenscheinwahrscheinlichkeit, Windgeschwindigkeitsverteilung und Windrichtung berechnet werden.

Wird die maximale mögliche Beschattungsdauer überschritten, ist die Installation einer Schattenabschaltautomatik vorgesehen. Für diese wird eine maximale meteorologische (reale) Beschattungsdauer von 8 Stunden pro Kalenderjahr und 30 Minuten pro Tag festgelegt.

Der Verlauf des Schattens wird an den jeweiligen zu berücksichtigenden Anlagen zugewandten Hausfronten betrachtet. Um eine Berechnung „zur sicheren Seite“ zu gewährleisten, wird für alle Rezeptoren ein Punktrezeptor von 0,1 m (Breite) x 0,1 m (Länge) und 0° Neigung festgelegt. Die Bezugshöhe für die Betrachtungen ist jeweils mit 2 m über dem Erdboden bestimmt. Damit werden alle Schatteneinflüsse unabhängig von der tatsächlich bestehenden Fensterausrichtung erfasst. Die Berechnung erfolgt im „Gewächshaus-Modus“, eine mögliche Eigenabschirmung des Gebäudes wird nicht betrachtet. Den Fensterfronten vorgelagerte

Gebäude, Bäume, Hecken oder andere, sichtverschattende Gegebenheiten wurden nicht berücksichtigt.

Der periodische Schattenwurf als Immission im Sinne des BImSchG ist entsprechend [3] und [4] an schutzwürdigen Räumen, wie

- Wohnräumen,
- Schlafräumen,
- Unterrichtsräumen,
- Büroräumen, Praxisräumen und Arbeitsräumen

zu ermitteln.

Direkt an Gebäuden beginnende Außenflächen (z.B. Terrassen und Balkone) sind den schutzwürdigen Räumen von 6:00 Uhr bis 22:00 Uhr gleichgestellt. Weiterhin sind unbebaute Flächen, auf denen nach Bau- und Planungsrecht Gebäude mit schutzwürdigen Räumen zulässig sind, als IO zu berücksichtigen.

Innerhalb der Software WindPRO erfolgt die Schattenwurfberechnung für einen Zeitraum von einem Jahr mit einer Schrittweite von einem Tag und einer Minute.

Weitere Hinweise zur Berechnungsmethode im Modul SHADOW sind in [2] ersichtlich.

Für das Projekt Trebitz Nord 3 wurde die Schattenwurfausbreitung in unmittelbarer Nähe des Standortes der geplanten WEA betrachtet. Dabei handelt es sich um die Ortschaften Schadow, Karras, Günthersdorf und Weichensdorf (Ortsteile der Stadt Friedland), Ullersdorf (Gemeinde Jamlitz) und Trebitz (Ortsteil der Stadt Lieberose).

Bei der Prüfung der Zusatzbelastung werden relevante IO, an denen es zu Schattenwurf durch die beantragte Anlage kommen könnte, näher untersucht.

Die folgende Abbildung 3 zeigt den astronomisch maximalen Beschattungsbereich der geplanten WEA sowie die betrachteten IO.

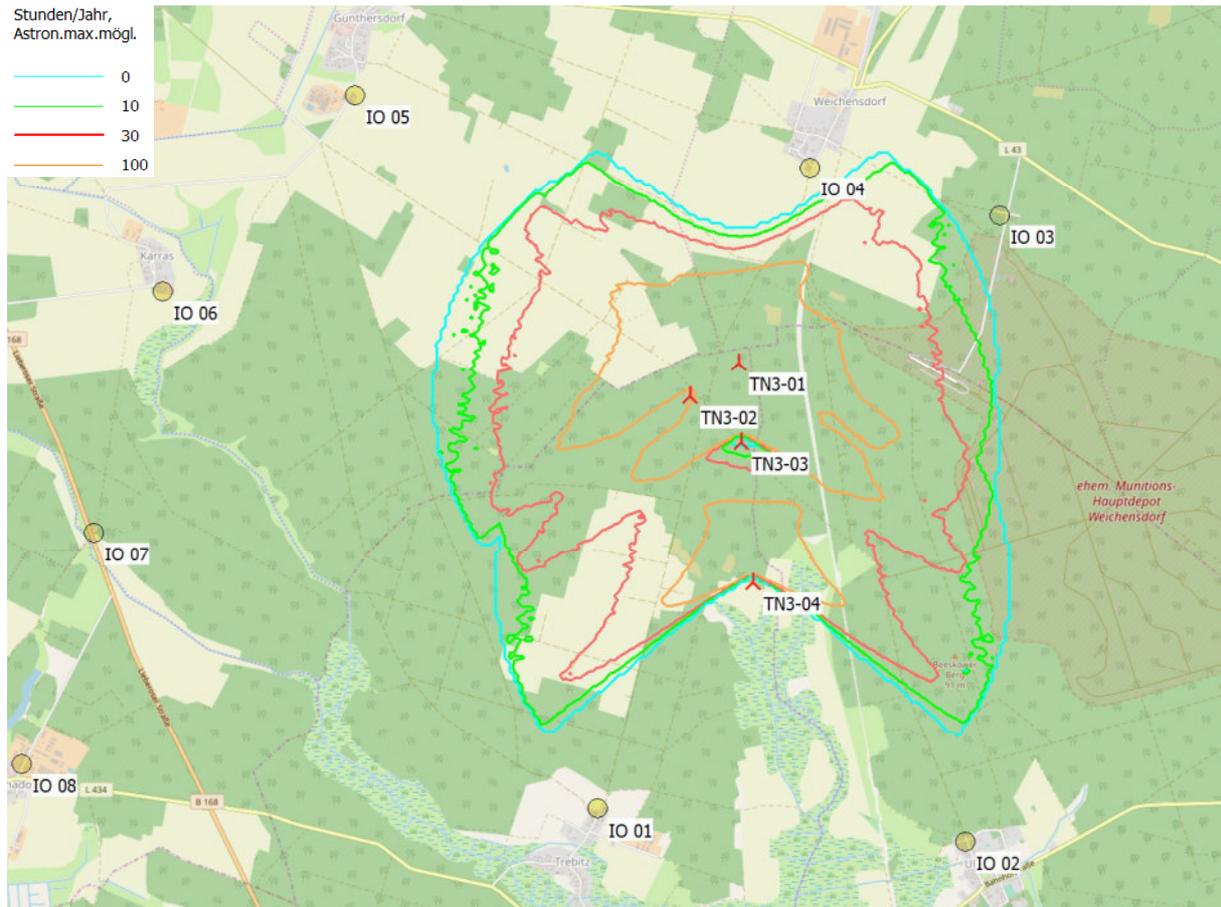


Abbildung 3: Beschattungsbereich Projekt Trebitz Nord 3

Die hellblaue Isolinie stellt die Grenze des Beschattungsbereichs der geplanten WEA dar. Innerhalb der roten Isolinie tritt an mehr als 30 Stunden im Jahr periodischer Schattenwurf auf, grün markiert eine Einwirkung von 10 Stunden pro Jahr. Insgesamt wurden 8 IO im möglichen Beschattungsbereich untersucht.

Die Abbildung 3 verdeutlicht, dass es durch die geplante WEA an keinem IO zu periodischem Schattenwurf kommt. Die IO sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

Die Koordinaten sämtlicher IO sind im Anhang in der Tabelle 5 aufgeführt. In der Ergebnisszusammenstellung im Anhang sind die detaillierten Berechnungsergebnisse zu finden.

Tabelle 2: Adressen der relevanten IO

| IO | Adresse                         | Postleitzahl | Gemeinde                  |
|----|---------------------------------|--------------|---------------------------|
| 1  | Trebitz, Trebitzer Dorfstr. 14b | 15868        | Stadt Lieberose           |
| 2  | Ullersdorf, Dorfstr. 1          | 15868        | Jamlitz                   |
| 3  | Weichensdorf, Waldsiedlung 6b   | 15848        | Amtsfreie Stadt Friedland |
| 4  | Weichensdorf, Dorfstr. 63       |              |                           |
| 5  | Günthersdorf, Günthersdorf 14   |              |                           |
| 6  | Karras, Karras 6                |              |                           |
| 7  | Karras, Postbrücke 1            |              |                           |
| 8  | Schadow, Schadow 17             |              |                           |

Die IO wurden im Rahmen der Standortbegehung vom 09.07.2013 aufgenommen und dokumentiert. Sie wurden am 31.01.2020 erneut besichtigt und bestätigt. Eine Fotodokumentation ist im Anhang A-2 zu finden.

## 6 Prognoseergebnisse, Zusatzbelastung

Die Zusatzbelastung ist der Immissionsbeitrag, der an einem IO durch die zu beurteilende WEA hervorgerufen wird.

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen für die Zusatzbelastung im Projekt Trebitz Nord 3 mit vier neu zu errichtenden WEA können der nachstehenden Tabelle 3 und dem Anhang entnommen werden.

Tabelle 3: Ergebnisse der Zusatzbelastung

| IO | Schattenwurf „worst case“ | Anzahl der Tage mit Schatten | Schattenwurf „worst case“ |
|----|---------------------------|------------------------------|---------------------------|
|    | [h/a]                     | [d/a]                        | [h/d]                     |
| 1  | 00:00                     | 0                            | 00:00                     |
| 2  | 00:00                     | 0                            | 00:00                     |
| 3  | 00:00                     | 0                            | 00:00                     |
| 4  | 00:00                     | 0                            | 00:00                     |
| 5  | 00:00                     | 0                            | 00:00                     |
| 6  | 00:00                     | 0                            | 00:00                     |
| 7  | 00:00                     | 0                            | 00:00                     |
| 8  | 00:00                     | 0                            | 00:00                     |

Durch die geplanten WEA kommt es an keinem der 8 untersuchten IO zu Immissionen durch periodischen Schattenwurf.

Eine Betrachtung der Vor- und Gesamtbelastung ist nicht erforderlich.

## 7 Unsicherheitsbetrachtung

Rechtsverbindliche Immissionsgrenzwerte für den periodischen Schattenwurf liegen derzeit nicht vor. Grundlage der Betrachtung sind die in den Hinweisen des LAI [3] empfohlenen Richtwerte. Entsprechend [3] sind Schattenwurfzeiten mit einer Genauigkeit von 1 Minute/Tag zu bestimmen. Bei der Auswahl der verwendeten Software ist zu beachten, dass eine entsprechende Genauigkeit gewährleistet ist.

Die in Kapitel 2 und Kapitel 4 aufgeführten Modelle führen grundsätzlich zu Unsicherheiten, da von durchschnittlichen, mathematisch vereinfachten Annahmen ausgegangen wird.

Zu den vereinfachten Annahmen gehört die Betrachtung der Sonne als Lichtquelle mit einem konstanten Abstand und einer konstanten Größe. Unberücksichtigt bleibt, dass sich der Abstand der Sonne zur Erde und die Sonnengröße im Laufe des Jahres und der Jahrhunderte verändern kann.

Bei den IO werden Wohn- und Arbeitsgebäude mit Fenstern betrachtet. Dabei werden die IO an die dem WP zugewandte Seite der Gebäude platziert. Eine entsprechende Detailbegutachtung dieser Gebäude zur Bestimmung der genauen Lage und Ausrichtung der Fenster ist nicht Teil dieser Prognose. Bei einer Vermessung der Gebäude mit Bestimmung der Fensterpositionen können daher Abweichungen zu den verwendeten Koordinaten auftreten. Ebenso können präzise Angaben zu den Fensterpositionen die unterschiedlichen Tageszeiten und Sonnenscheinrichtungen (Abend/Morgen – Ost/West) widerspiegeln und ggf. für die Schattenwurfprogrammierung notwendig sein.

In der Prognose werden bei dem Betrieb der Anlage Zeiten, in denen die WEA wegen Flaute oder Stürmen steht, nicht mit herangezogen.

Bei der Berechnung des Beschattungsbereiches ist zu beachten, dass die atmosphärischen Bedingungen wie Bewölkung und Nebel die astronomisch maximal möglichen Beschattungszeiten in der Regel verkürzen. Diese Bedingungen unterliegen jedoch jährlichen Schwankungen, die in den vorliegenden Berechnungen nicht betrachtet werden. Hinzu kommen mögliche Variationen der Beschattungszeiten durch den von Jahr zu Jahr leicht veränderlichen Sonnen-gang.

Außerdem unterliegt die Betrachtung der Oberflächenstrukturen vereinfachten Annahmen. Eine mögliche Sichtversperrungen durch Bewuchs wird in der vorliegenden Schattenwurf-berechnung nicht berücksichtigt. Orographie bedingte Sichtversperrungen (Berg/Tal) fließen hingegen mit ein, da angenommen wird, dass sich diese innerhalb des Betriebszeitraumes der WEA nicht maßgeblich verändern.

Die größten Unsicherheiten innerhalb der Schattenwurf-berechnung entstehen durch Ungenauigkeiten bei den Koordinaten der betrachteten WEA und der IO. Gemäß [3] sollte in der Prognose die Grundgenauigkeit der geometrischen Parameter  $\pm 3$  m bis  $\pm 10$  m betragen. Gerade im Randbereich der Schattenwurfausbreitung können 10 m Abweichung bei den IO bzw. WEA deutlich den Unterschied zwischen „Grenzbereich überschritten“ oder „nicht überschritten“ ergeben. Am größten wird dieser Effekt an den nördlichen und südlichen Flanken der Schattenwurfausbreitung, da hier die Gradienten zwischen „kein Schattenwurf“ und „Überschreitung der Richtwerte“ am steilsten sind.



Bei der Programmierung des Schattenwurfmoduls wird ein Pufferbereich berücksichtigt, um kleinere Abweichungen aufzufangen. Eine Pufferzone von 5 h/a bzw. 5 Min/d für die untersuchten IO wird von der enosite GmbH dabei verwendet. Das bedeutet, dass alle IO mit einer Schattenwurfzeit in der ZB von 25 h/a bzw. 25 Min/d und mehr sowie alle IO mit einer Schattenwurfzeit in der VB von 25 h/a bzw. 25 Min/d und mehr mit zusätzlichem Einfluss durch die ZB mit in die Programmierung aufgenommen werden. Daher werden erst größere Abweichungen als 5 h/a oder 5 Min/d innerhalb der ZB zusätzlich näher untersucht.

Da in dem vorliegenden Projekt Trebitz Nord 3 der geringste Abstand eines IO (IO 4) zum Schattenwurfrandbereich ca. 150 m beträgt, wird auf eine Untersuchung möglicher Abweichungen durch eine Verschiebung der Koordinaten um 5 m in die 4 Himmelsrichtungen bzw. durch eine Änderung der NH der geplanten WEA um 3 m verzichtet.

Große Bedeutung haben ebenfalls die Kenndaten, wie RD und Blattgeometrie der betrachteten WEA. Bereits geringe Veränderung der Parameter führen zu maßgeblichen Veränderungen der Beschattungszeiten.

Für die in der Schattenwurfprognose betrachteten WEA lagen bezüglich des RD und der Blattdaten Angaben der Hersteller vor, so dass mit dem genauen Einwirkbereichen der Anlagen gerechnet werden konnte und damit die Unsicherheit für diese Eingangsparameter vernachlässigbar ist.

Die ermittelten Schattenwurfzeiten und Unsicherheiten beziehen sich auf die in der Prognose verwendeten Koordinaten der WEA und IO sowie die Kenndaten der WEA (NH, RD, Blattgeometrie).

## **8 Beurteilung der Berechnungsergebnisse**

Die Beurteilung der Berechnungsergebnisse erfolgt anhand der WKA-Schattenwurfhinweise des LAI [3]. Der Immissionsrichtwert für die tägliche Beschattungsdauer beträgt nach den LAI-Hinweisen 30 Minuten. Bei Überschreitung dieses Richtwertes an mindestens drei Tagen ist durch geeignete Maßnahmen die Einhaltung des Richtwertes sicherzustellen.

Für die jährliche Beschattungsdauer gilt ein Richtwert von 30 Stunden für die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer und von 8 Stunden für die tatsächliche Beschattungsdauer.

Die geplanten WEA TN3-01 bis TN3-04 vom Typ eno160-6.0 mit 165 m NH verursachen an keinem der untersuchten IO periodischen Schattenwurf.



## 9 Literatur

- [1] Hau, E., Windkraftanlagen, 5. Auflage, Springer Vieweg, 2014
- [2] <http://help.emd.dk/mediawiki/index.php?title=SHADOW-Berechnungsmethode>
- [3] Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI): „Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immission von Windkraftanlagen Aktualisierung 2019“, 23.01.2020
- [4] Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17.05.2013 (BGBl. I S. 1274), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 08.04.2019 (BGBl. I S. 432) geändert worden ist.



## Anhang



## A-1 Koordinaten der berücksichtigten Windenergieanlagen und Immissionsorte

Tabelle 4: Koordinaten der WEA

| WEA    | Status  | Typ        | Höhe ü. NHN* | ETRS89 Zone 33 |           |
|--------|---------|------------|--------------|----------------|-----------|
|        |         |            | [m]          | X (Ost)        | Y (Nord)  |
| TN3-01 | geplant | eno160-6.0 | 75,0         | 455.039        | 5.768.999 |
| TN3-02 | geplant | eno160-6.0 | 75,0         | 454.702        | 5.768.775 |
| TN3-03 | geplant | eno160-6.0 | 75,0         | 455.052        | 5.768.455 |
| TN3-04 | geplant | eno160-6.0 | 68,6         | 455.117        | 5.767.493 |

Tabelle 5: Koordinaten der IO

| IO | Adresse                         | Höhe ü. NHN* | ETRS89 Zone 33 |           |
|----|---------------------------------|--------------|----------------|-----------|
|    |                                 | [m]          | X (Ost)        | Y (Nord)  |
| 1  | Trebitz, Trebitzer Dorfstr. 14b | 60,2         | 454.041        | 5.765.941 |
| 2  | Ullersdorf, Dorfstr. 1          | 65,4         | 456.554        | 5.765.698 |
| 3  | Weichensdorf, Waldsiedlung 6b   | 90,0         | 456.825        | 5.769.994 |
| 4  | Weichensdorf, Dorfstr. 63       | 80,0         | 455.535        | 5.770.340 |
| 5  | Günthersdorf, Günthersdorf 14   | 56,8         | 452.429        | 5.770.865 |
| 6  | Karras, Karras 6                | 51,5         | 451.106        | 5.769.527 |
| 7  | Karras, Postbrücke 1            | 55,0         | 450.621        | 5.767.876 |
| 8  | Schadow, Schadow 17             | 55,0         | 450.112        | 5.766.287 |

\*Die Höhe über NHN basiert auf den verwendeten SRTM Höhenlinien mit einer Nahbereichsanpassung auf Basis der TK50 Karte.

## **A-2 Fotodokumentation zu den Immissionsorten**

Die Aufnahmen wurden am 09.07.2013 erstellt. Im Rahmen der Begehung am 31.01.2020 konnten keine signifikanten Änderungen an den IO festgestellt werden.





Bild 1: IO 01, Trebitz, Trebitzer Dorfstr. 14b



Bild 2: IO 02, Ullersdorf, Dorfstr. 1



Bild 3: IO 03, Weichensdorf, Waldsiedlung 6b

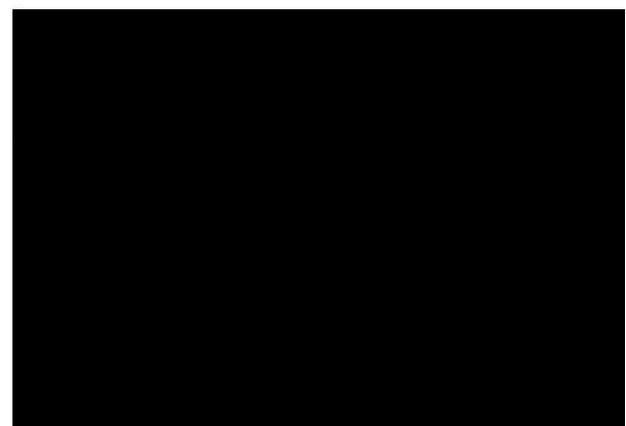


Bild 4: IO 04, Weichensdorf, Dorfstr. 63

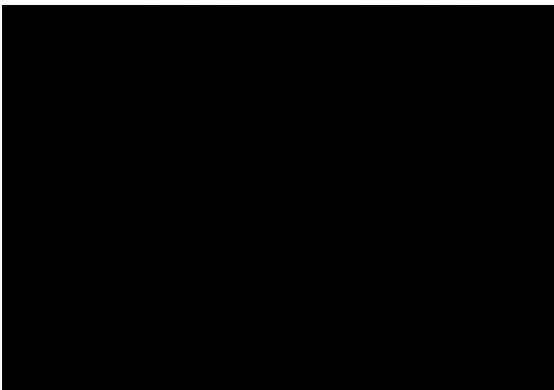


Bild 5: IO 05, Günthersdorf, Günthersdorf 14



Bild 6: IO 06, Karras, Karras 6

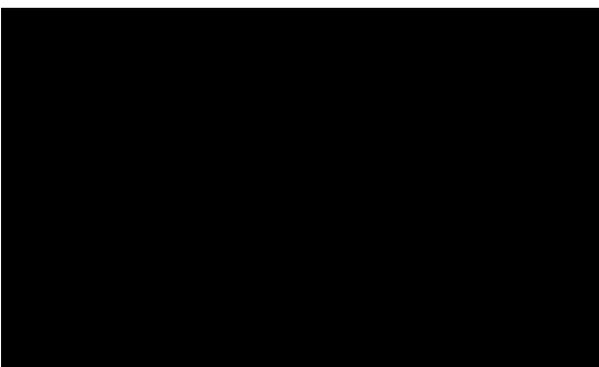


Bild 7: IO 07, Karras, Postbrücke 1



Bild 8: IO 08, Schadow, Schadow 17

### **A-3 Berechnungsergebnisse der Zusatzbelastung**



Projekt:

Trebitz\_2021

Beschreibung:

Lizenzierter Anwender:

enosite GmbH

Straße am Zeltplatz 7

DE-18230 Ostseebad Rerik

+49(0)38296 747 400

Astrid Zadow / astrid.zaedow@eno-site.com

Berechnet:

22.06.2021 10:19/3.4.415

enosite

Die enosite GmbH übernimmt keine Gewähr.

## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** Trebitz Nord 3 TN3-01 - 04 ZB 4xeno160-6.0 165m 2021-06-22

### Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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 Sonneneinstrahlungsrichtung

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: SRTM

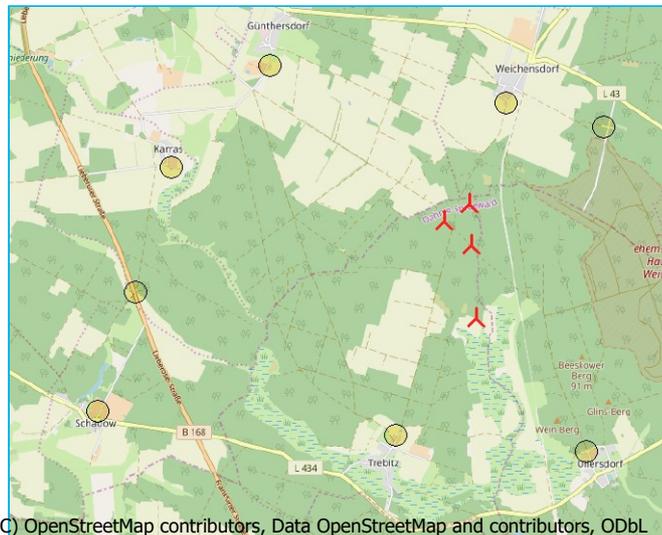
Hindernisse in Berechnung verwendet

Berechnungshöhe ü.Gr. für Karte: 1,5 m

Rasterauflösung: 1,0 m

Alle Koordinatenangaben in:

UTM (north)-ETRS89 Zone: 33



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

Maßstab 1:100.000

▲ 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] |
| TN3-01 | 455.039 | 5.768.999 | 75,0 | eno eno160-6.0MW 60... | Ja      | eno        | eno160-6.0MW-6.000 | 6.000        | 160,0             | 165,0     | 1.743             | 9,8     |
| TN3-02 | 454.702 | 5.768.775 | 75,0 | eno eno160-6.0MW 60... | Ja      | eno        | eno160-6.0MW-6.000 | 6.000        | 160,0             | 165,0     | 1.743             | 9,8     |
| TN3-03 | 455.052 | 5.768.455 | 75,0 | eno eno160-6.0MW 60... | Ja      | eno        | eno160-6.0MW-6.000 | 6.000        | 160,0             | 165,0     | 1.743             | 9,8     |
| TN3-04 | 455.117 | 5.767.493 | 68,6 | eno eno160-6.0MW 60... | Ja      | eno        | eno160-6.0MW-6.000 | 6.000        | 160,0             | 165,0     | 1.743             | 9,8     |

### 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]                   |
| IO 01 | Trebitz, Trebitzer Dorfstr. 14b | 454.041 | 5.765.941 | 60,2 | 0,1    | 0,1  | 2,0        | 0,0                  | "Gewächshaus-Modus" | 2,0                   |
| IO 02 | Ullersdorf, Dorfstr. 1          | 456.554 | 5.765.698 | 65,4 | 0,1    | 0,1  | 2,0        | 0,0                  | "Gewächshaus-Modus" | 2,0                   |
| IO 03 | Weichensdorf, Waldsiedlung 6b   | 456.825 | 5.769.994 | 90,0 | 0,1    | 0,1  | 2,0        | 0,0                  | "Gewächshaus-Modus" | 2,0                   |
| IO 04 | Weichensdorf, Dorfstr. 63       | 455.535 | 5.770.340 | 80,0 | 0,1    | 0,1  | 2,0        | 0,0                  | "Gewächshaus-Modus" | 2,0                   |
| IO 05 | Günthersdorf, Günthersdorf 14   | 452.429 | 5.770.865 | 56,8 | 0,1    | 0,1  | 2,0        | 0,0                  | "Gewächshaus-Modus" | 2,0                   |
| IO 06 | Karras, Karras 6                | 451.106 | 5.769.527 | 51,5 | 0,1    | 0,1  | 2,0        | 0,0                  | "Gewächshaus-Modus" | 2,0                   |
| IO 07 | Karras, Postbrücke 1            | 450.621 | 5.767.876 | 55,0 | 0,1    | 0,1  | 2,0        | 0,0                  | "Gewächshaus-Modus" | 2,0                   |
| IO 08 | Schadow, Schadow 17             | 450.112 | 5.766.287 | 55,0 | 0,1    | 0,1  | 2,0        | 0,0                  | "Gewächshaus-Modus" | 2,0                   |

### Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

#### astron. max. mögl. Beschattungsdauer

| Nr.   | Name                            | Stunden/Jahr | Schattentage/Jahr | Max.Schattendauer/Tag |
|-------|---------------------------------|--------------|-------------------|-----------------------|
|       |                                 | [h/a]        | [d/a]             | [h/d]                 |
| IO 01 | Trebitz, Trebitzer Dorfstr. 14b | 0:00         | 0                 | 0:00                  |
| IO 02 | Ullersdorf, Dorfstr. 1          | 0:00         | 0                 | 0:00                  |
| IO 03 | Weichensdorf, Waldsiedlung 6b   | 0:00         | 0                 | 0:00                  |
| IO 04 | Weichensdorf, Dorfstr. 63       | 0:00         | 0                 | 0:00                  |
| IO 05 | Günthersdorf, Günthersdorf 14   | 0:00         | 0                 | 0:00                  |
| IO 06 | Karras, Karras 6                | 0:00         | 0                 | 0:00                  |
| IO 07 | Karras, Postbrücke 1            | 0:00         | 0                 | 0:00                  |
| IO 08 | Schadow, Schadow 17             | 0:00         | 0                 | 0:00                  |

Projekt:

Trebitz\_2021

Beschreibung:

Lizenzierter Anwender:

enosite GmbH

Straße am Zeltplatz 7

DE-18230 Ostseebad Rerik

+49(0)38296 747 400

Astrid Zädow / astrid.zaedow@eno-site.com

Berechnet:

22.06.2021 10:19/3.4.415



Die enosite GmbH übernimmt keine Gewähr.

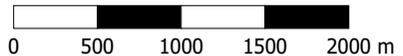
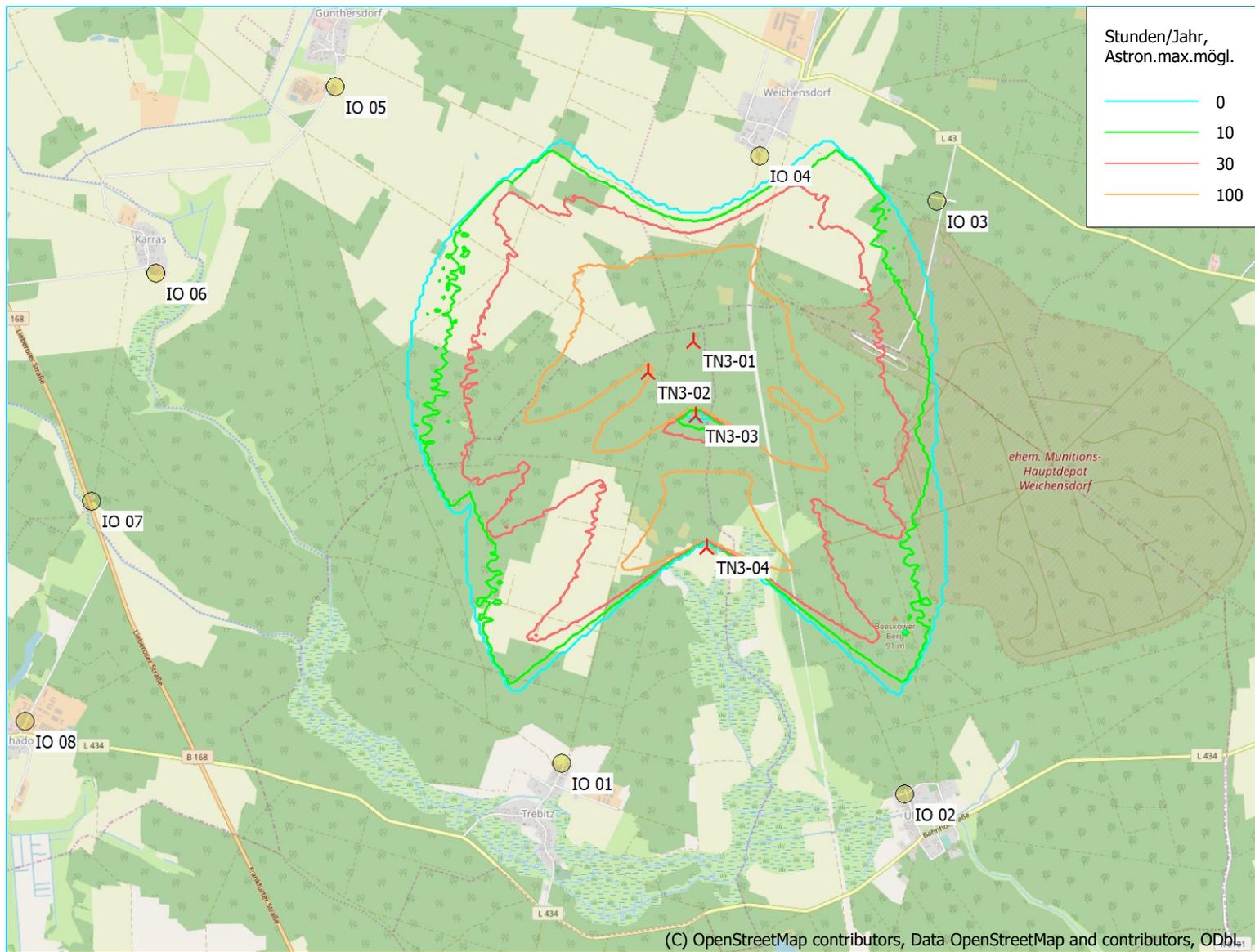
## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** Trebitz Nord 3 TN3-01 - 04 ZB 4xeno160-6.0 165m 2021-06-22

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

| Nr.    | Name  | Maximal<br>[h/a] |
|--------|---|------------------|
| TN3-01 | eno eno160-6.0MW 6000 160.0 !O! NH: 165,0 m (Ges:245,0 m) (972) | 0:00             |
| TN3-02 | eno eno160-6.0MW 6000 160.0 !O! NH: 165,0 m (Ges:245,0 m) (973) | 0:00             |
| TN3-03 | eno eno160-6.0MW 6000 160.0 !O! NH: 165,0 m (Ges:245,0 m) (974) | 0:00             |
| TN3-04 | eno eno160-6.0MW 6000 160.0 !O! NH: 165,0 m (Ges:245,0 m) (975) | 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.*



Karte: EMD OpenStreetMap, Maßstab 1:45.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 33 Ost: 454.740 Nord: 5.768.190

Neue WEA Schattenrezeptor

Höhe der Schattenkarte: SRTM

Projekt:  
**Trebitz\_2021**  
Beschreibung:

Die enosite GmbH übernimmt keine Gewähr.

**SHADOW - Karte**

**Berechnung:**  
Trebitz Nord 3 TN3-01 - 04 4xeno160-6.0 165m 2021-06-22

Lizenzierter Anwender:  
**enosite GmbH**  
Straße am Zeltplatz 7  
DE-18230 Ostseebad Rerik  
+49(0)38296 747 400  
Astrid Zädow / astrid.zaedow@eno-site.com  
Berechnet:  
22.06.2021 10:19/3.4.415

