

Gutachtliche Stellungnahme zur Schattenwurfprognose für den Windpark Westerberg



Erstellt im Auftrag für

WindStrom Erneuerbare Energien GmbH & Co. KG

Edemissen

Revision 0

Hamburg, 24.06.2022

| Revision | Datum | Änderung |
|----------|------------|---------------|
| 0 | 24.06.2022 | Erste Ausgabe |

Gegenstand: Gutachtliche Stellungnahme zur Schattenwurfprognose
für den Windpark Westerberg

Referenz-Nr.: 2022-RVSW-004-335-R0

Auftraggeber: WindStrom Erneuerbare Energien GmbH & Co. KG
Am Torfstich 11
31234 Edemissen

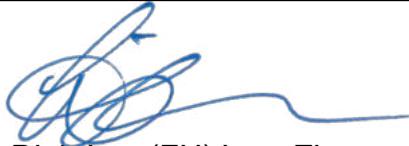
Anlagenhersteller: Vestas Wind Systems A/S
Hedeager 42
8200 Aarhus N, Dänemark

| WEA-Typ | P_{Nenn} [MW] | D [m] | NH [m] |
|----------------|------------------------------|--------------|---------------|
| Vestas V150 | 6,0 | 150,0 | 169,0 |
| Vestas V162 | 6,2 | 162,0 | 169,0 |

Vom Auftraggeber eingereichte Unterlagen /5/:

- Windenergieanlagen-Spezifikationen inkl. jeweiliger Angabe zu Nabenhöhe, Rotordurchmesser und Nennleistung der geplanten und bestehenden WEA mit Koordinaten (UTM, ETRS89, Zone 32) und Lageplan

Die Ausarbeitung der gutachtlichen Stellungnahme erfolgte durch:

| | | |
|---------------|--|------------------------|
| Verfasser |  Dr. rer. nat. Rasmus Fischer Sachverständiger | Hamburg, 24.06.2022 |
| Geprüft durch |  Dipl.-Ing. (FH) Lars Zieren Sachverständiger | Hamburg, 24.06.2022 |

Für weitere Auskünfte:

TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG
Dr. R. Fischer
Große Bahnstraße 31
22525 Hamburg

Tel.: +49 40 8557 2381
Fax: +49 40 8557 2552
E-Mail: rafischer@tuev-nord.de

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Aufgabenstellung | 5 |
| 2 | Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Emissionen von Windenergieanlagen | 5 |
| 3 | Schattenwurfberechnung..... | 6 |
| 3.1 | <i>Eingangsdaten.....</i> | 6 |
| 3.2 | <i>Randbedingungen für die Berechnung.....</i> | 11 |
| 3.3 | <i>Ergebnisse.....</i> | 11 |
| 4 | Zusammenfassung und Bewertung | 12 |
| 5 | Formelzeichen und Abkürzungen | 15 |
| 6 | Literatur- und Quellenangaben..... | 16 |
| 7 | Anhang..... | 17 |
| 7.1 | <i>Detaillierte Berechnungsergebnisse.....</i> | 17 |
| 7.2 | <i>Lageplan der Immissionspunkte.....</i> | 30 |

1 Aufgabenstellung

Im Rahmen der Errichtung von einer Windenergieanlage (WEA) vom Typ Vestas V150, 6,0 MW (WEA 01) mit 169,0 m Nabenhöhe (NH) und 150,0 m Rotordurchmesser (D) und fünf WEA vom Typ Vestas 162, 6,2 MW (WEA 02 bis 06) mit 169,0 m NH und 162,0 m D am Standort Westerberg (Niedersachsen) ist die TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG von der WindStrom Erneuerbare Energien GmbH & Co. KG mit der Durchführung einer Schattenwurfprognose beauftragt worden.

Bei dem Vorhaben handelt es sich um eine Repowering-Maßnahme, im Zuge der neun bestehende WEA vom Typ AN Bonus 76, 2,0 MW (WEA 07 bis 15) mit 61,3 m NH und 76,0 m D zurückgebaut werden sollen. Weitere sieben WEA vom Typ ENERCON E-70 E4, 2,3 MW (WEA 16 bis 22) mit 64,5 m NH und 71,0 m D bleiben als Vorbelastung bestehen.

Für die Schattenwurfprognose sind die astronomisch möglichen Beschattungsdauern für relevante Immissionspunkte (IP) und deren Bewertung nach Maßgaben der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI) /1/ zu ermitteln und zu bewerten.

Im Rahmen der Schattenwurfprognose erfolgte eine Standortbesichtigung. Diese wurde durch die Mitarbeiterin der TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG, Frau Maschmann am 16.05.2022 durchgeführt.

Die Koordinaten und Spezifikationen der geplanten, zurückzubauenden und verbleibenden WEA am Standort Westerberg sind durch den Auftraggeber übermittelt /5/ (siehe Tabelle 1). Die zu berücksichtigenden Immissionspunkte (IP) wurden vom Auftragnehmer angenommen (siehe Tabelle 2).

2 Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Emissionen von Windenergieanlagen

Als Grundlage für die Ermittlung des Schattenwurfs werden *"Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen"* der LAI /1/ herangezogen.

Im Wesentlichen werden in /1/ die folgenden Regelungen bzgl. der Ermittlung und Beurteilung des periodischen Schattenwurfs getroffen:

- Für die astronomisch maximal zulässige Beschattungsdauer wird ein Immissionsrichtwert von **30 Stunden pro Jahr** angesetzt. Ab dieser Zeitdauer wird von einer erheblichen Belästigung ausgegangen. Gleichzeitig soll eine Immissionsdauer von mehr als **30 Minuten pro Tag** vermieden werden. Die Schutzwürdigkeit der betroffenen Wohnräume, statistische Daten bezüglich Bewölkung, Regen oder Wind-

richtung und Sonnenstände unter 3° werden nicht berücksichtigt. Daher wird die tatsächliche Beschattungsdauer merklich geringer sein.

- Wird eine Abschaltautomatik vorgesehen, so ist bei einer reinen zeitgesteuerten Abschaltung der Planungsrichtwert von 30 Stunden pro Jahr einzuhalten. Wird eine strahlungsgesteuerte Abschaltvorrichtung eingesetzt, so ist der Richtwert von acht Stunden pro Jahr nicht zu überschreiten. Es sollte bei der Festlegung der Zeiträume für die Abschaltung darauf geachtet werden, dass vorrangig die längsten Beschattungszeiten am Tag reduziert werden.

Bezüglich der Immissionsrichtwerte für die tägliche Beschattungsdauer wird in /1/ bei Überschreiten dieses Richtwerts an mindestens drei Tagen eine Begrenzung der täglichen Beschattungsdauer auf 30 Minuten gefordert.

Eine erhebliche Belästigung durch periodischen Schattenwurf liegt dann nicht vor, wenn sowohl die Immissionsrichtwerte für die tägliche als auch die jährliche Beschattungsdauer durch alle auf den maßgeblichen Immissionsort einwirkenden WEA unterschritten werden.

Zur besseren Vergleichbarkeit der Berechnungen und einheitlichen Anwendung der Beurteilungskriterien werden bei der Erstellung von Immissionsprognosen die astronomisch maximal möglichen Schattenwurfzeiten („worst case“) angegeben. Die Berechnungen des „realen Schattenwurfes“ unter Berücksichtigung der statistischen Sonnenscheindauer und Windverhältnisse sind daher nicht erforderlich.

Das von der TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG für die Berechnung eingesetzte Programm WindPro 3.5 der Firma EMD /2/ ist eine bewährte und anerkannte Software zur Schattenwurfberechnung. Für die Schattenwurfberechnung werden ausgehend von der geografischen Lage des Standortes die lokalen Azimut- und Höhenwinkel der Breitengradspezifischen Sonnenbahn bestimmt. Die Anlagengeometrie wie Nabenhöhe und Rotordurchmesser und die Aufstellungsanordnung der WEA liefern mit Hilfe elementarer geometrischer Beziehungen die zeitliche und räumliche Verteilung des Schattenwurfes.

3 Schattenwurfberechnung

3.1 Eingangsdaten

Die Berechnung der Schattenwurfzeiten am Standort Westerberg erfolgt gemäß eingereichtem Planungsstand für die Windparkkonfiguration /5/ aus Tabelle 1.

Die Bezeichnung der einzelnen WEA in dieser gutachtlichen Stellungnahme bezieht sich auf die laufende Nummer, die ebenfalls aus Tabelle 1 ersichtlich ist.

| Lfd. WEA- Nr. | WEA- Bezeich- nung | Koordinaten [m] | | WEA-Typ | P _{Nenn} [MW] | D [m] | NH [m] | |
|---|--------------------------|-----------------|---------------|---------|---------------------------|----------|-----------|-------|
| | | Rechts- wert | Hoch- wert | | | | | |
| Geplante WEA im Windpark Westerberg | | | | | | | | |
|  | 01 | RP 01 | 612958 | 5769952 | Vestas V150 | 6,0 | 150,0 | 169,0 |
|  | 02 | RP 02 | 613380 | 5770016 | Vestas V162 | 6,2 | 162,0 | 169,0 |
|  | 03 | RP 03 | 613147 | 5769629 | Vestas V162 | 6,2 | 162,0 | 169,0 |
|  | 04 | RP 04 | 612686 | 5769209 | Vestas V162 | 6,2 | 162,0 | 169,0 |
|  | 05 | RP 05 | 612744 | 5769575 | Vestas V162 | 6,2 | 162,0 | 169,0 |
|  | 06 | RP 06 | 612562 | 5769920 | Vestas V162 | 6,2 | 162,0 | 169,0 |
| Zurückzubauende WEA im Windpark Westerberg | | | | | | | | |
|  | 07 | 324 | 612568 | 5769946 | AN Bonus 76, 2000 | 2,0 | 76,0 | 61,3 |
|  | 08 | 331 | 612710 | 5769664 | AN Bonus 76, 2000 | 2,0 | 76,0 | 61,3 |
|  | 09 | 333 | 612695 | 5769401 | AN Bonus 76, 2000 | 2,0 | 76,0 | 61,3 |
|  | 10 | 334 | 612611 | 5769171 | AN Bonus 76, 2000 | 2,0 | 76,0 | 61,3 |
|  | 11 | 336 | 613126 | 5769721 | AN Bonus 76, 2000 | 2,0 | 76,0 | 61,3 |
|  | 12 | 335 | 613139 | 5769466 | AN Bonus 76, 2000 | 2,0 | 76,0 | 61,3 |
|  | 13 | 319 | 613435 | 5769768 | AN Bonus 76, 2000 | 2,0 | 76,0 | 61,3 |
|  | 14 | 332 | 613325 | 5770012 | AN Bonus 76, 2000 | 2,0 | 76,0 | 61,3 |
|  | 15 | 339 | 613447 | 5770218 | AN Bonus 76, 2000 | 2,0 | 76,0 | 61,3 |
| Weitere WEA im Windpark Westerberg | | | | | | | | |
|  | 16 | 228 | 613970 | 5770243 | Enercon E-70 E4 | 2,3 | 71,0 | 64,5 |
|  | 17 | 229 | 613793 | 5770073 | Enercon E-70 E4 | 2,3 | 71,0 | 64,5 |
|  | 18 | 230 | 613935 | 5769789 | Enercon E-70 E4 | 2,3 | 71,0 | 64,5 |
|  | 19 | 231 | 612073 | 5769857 | Enercon E-70 E4 | 2,3 | 71,0 | 64,5 |
|  | 20 | 232 | 612008 | 5769596 | Enercon E-70 E4 | 2,3 | 71,0 | 64,5 |
|  | 21 | 233 | 612019 | 5769355 | Enercon E-70 E4 | 2,3 | 71,0 | 64,5 |
|  | 22 | 234 | 612288 | 5769253 | Enercon E-70 E4 | 2,3 | 71,0 | 64,5 |

Tabelle 1: Windparkkonfiguration (Koordinatensystem: UTM, ETRS89, Zone 32) /5/.

Die Lage der geplanten WEA im Windpark Westerberg sowie der zu berücksichtigenden Bestands-WEA ist in Abbildung 1 dargestellt.



Abbildung 1: Lage der geplanten und bestehenden WEA im Windpark Westerberg. Die Bezeichnung der WEA bezieht sich auf die laufende Nummer bzw. im Falle der geplanten WEA auf die Bezeichnung in Tabelle 1. Symbole aus /2/, Luftbild aus /6/.

Zur Festlegung sinnvoller IP wird zunächst der Einwirkungsbereich der geplanten WEA ermittelt.

In den Abbildungen 2 und 3 ist der mit /2/ ermittelte Einwirkungsbereich der am Standort Westerberg geplanten WEA sowohl bzgl. der täglichen Beschattungsdauer in Minuten (Abbildung 2), als auch bzgl. der jährlichen Beschattungsdauer in Stunden (Abbildung 3) dargestellt.

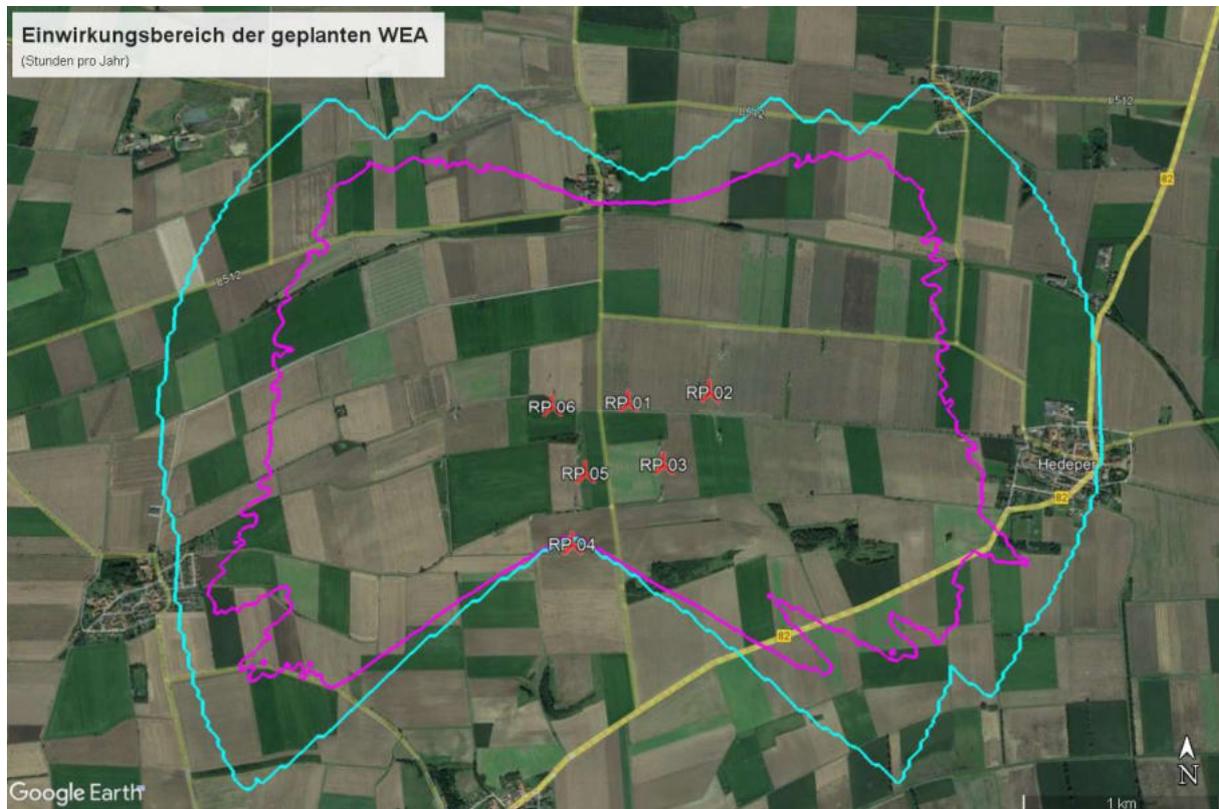


Abbildung 1: Einwirkungsbereich der am Standort Westerberg geplanten WEA. **türkise Linie:** 0 Stunden pro Jahr; **magentafarbene Linie:** 30 Stunden pro Jahr. Schattenlinien aus /2/, Luftbild aus /6/.

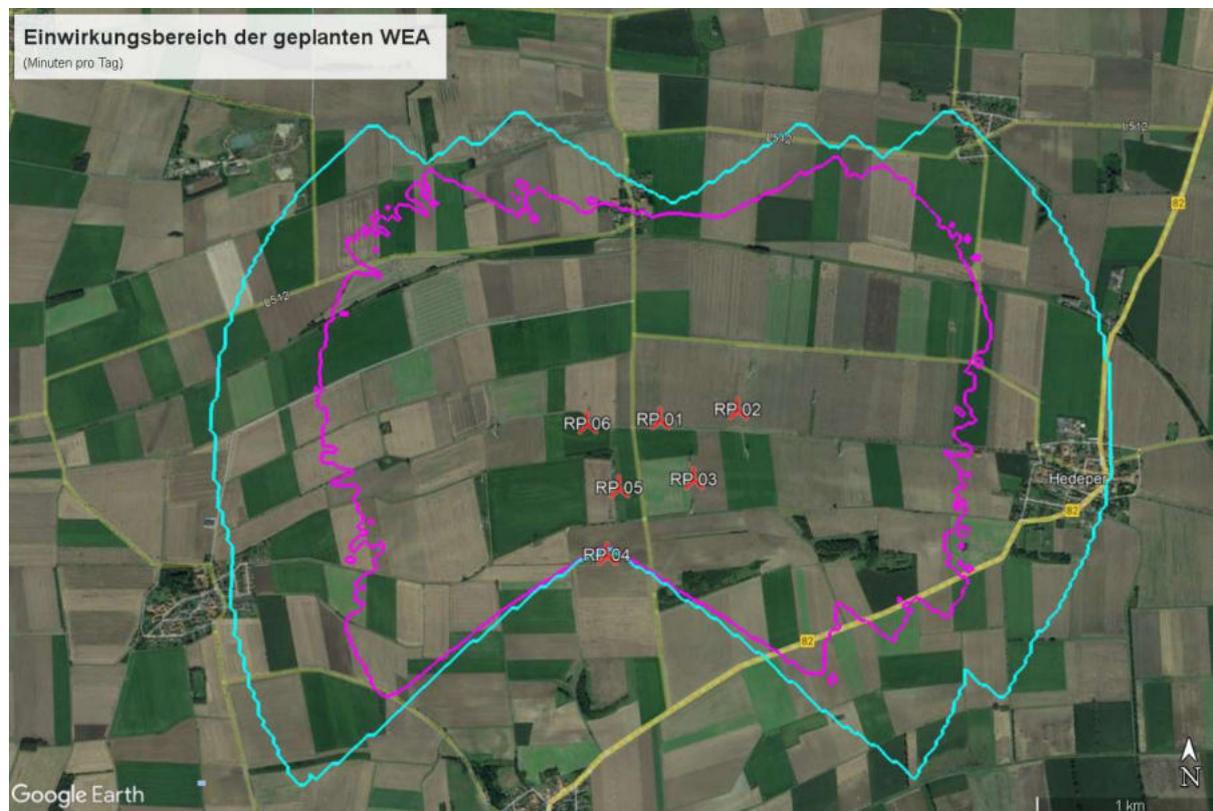


Abbildung 3: Einwirkungsbereich der am Standort Westerberg geplanten WEA. **türkise Linie:** 0 Minuten pro Tag; **magentafarbene Linie:** 30 Minuten pro Tag. Schattenlinien aus /2/, Luftbild aus /6/.

Basierend auf dem ermittelten Einwirkungsbereich der am Standort Westerberg geplanten WEA werden als IP für die Schattenimmission exemplarisch sieben relevante Standorte berücksichtigt (siehe Tabelle 2). Die Lage der IP wurde vom Auftragnehmer angenommen, mit den Erkenntnissen aus der Standortbesichtigung und mit Hilfe von topografischen Karten /3/ sowie Geodaten /4/ abgeglichen und ggf. angepasst. Die detaillierte Lage der IP ist im Anhang (Kapitel 7.2) dargestellt.

Die Schattenwurfdauer wird entsprechend den Empfehlungen in /1/ für einen Punkt in 2,0m über Grund berechnet. Im weiteren Verlauf dieser gutachtlichen Stellungnahme beziehen sich die Bezeichnungen der IP auf die Angaben in Tabelle 2.

| IP | Ort | Straße | Koordinaten | |
|----|---------|--|-------------|---------|
| | | | Rechts | Hoch |
| 01 | Hedeper | Hüteweg 15 | 614845 | 5769607 |
| 02 | Achim | Am Hellebach 25 | 610858 | 5769141 |
| 03 | Achim | Geplante Neubaufäche (Ostrand Südost) | 610889 | 5768867 |
| 04 | Achim | Geplante Neubaufäche (Ostrand Nordost) | 610841 | 5769091 |
| 05 | Kalme | Alte Siedlung 10a | 612856 | 5771001 |

| IP | Ort | Straße | Koordinaten | |
|----|-------|---------------|-------------|---------|
| | | | Rechts | Hoch |
| 06 | Kalme | Hohe Straße 2 | 612707 | 5770984 |
| 07 | Achim | Mühle 1 | 611485 | 5769854 |

Tabelle 2: IP (Koordinatensystem: UTM, ETRS89, Zone 32)

Um Schattenwurf aus allen Richtungen zu erfassen, werden die IP 01 bis 07 als IP im „Gewächshaus-Modus“ berücksichtigt. Eine Ausrichtung in Richtung der WEA entfällt hierbei.

Im Anhang sind alle Eingangsdaten für die Berechnung der Schattenwurfdauer an den IP aufgeführt (siehe Kapitel 7.1).

3.2 Randbedingungen für die Berechnung

Die ermittelten Werte beziehen sich entsprechend den Empfehlungen in /1/ auf eine „worst case“ Berechnung mit den folgenden Annahmen:

- Die Sonne scheint den ganzen Tag, an allen Tagen im Jahr (wolkenloser Himmel).
- Die Windrichtung entspricht dem Azimutwinkel der Sonne, d.h. die Sonneneinstrahlung steht senkrecht zur Rotorkreisfläche.
- Die WEA sind in Betrieb und drehen sich.
- Die IP werden nicht durch Hindernisse wie Gebäude, Bäume oder Bewuchs teilweise oder ganz verdeckt.
- Sonnenstände unter 3° werden nicht berücksichtigt (Kappungswinkel 3°).
- Es wird die Mitteleuropäische Zeit (MEZ) für die Zeitzone -1 (Berlin, Paris) und Umstellung auf die gebräuchliche Sommerzeit (MESZ) verwendet. Alle Zeitangaben, die sich auf Sonnenauf- und untergang beziehen, werden für den genauen geografischen Standort berechnet /2/.

3.3 Ergebnisse

Eine Übersicht der Berechnungsergebnisse ist in der folgenden Tabelle 3 dargestellt. Es sind die kumulierten Werte für die Schattenwurfdauer aller WEA aufgeführt. Überschreitungen der Richtwerte sind jeweils fett und kursiv dargestellt.

Die detaillierten Berechnungsergebnisse für die Schattenwurfdauer der Gesamt-, Zusatz- und Vorbelastung sind im Anhang dargestellt (siehe Kapitel 7.1).

| IP | Vorbelastung | | | Zusatzbelastung | | | Gesamtbelastung | | |
|----|--------------------|------------------------|---------------------------|--------------------|------------------------|---------------------------|--------------------|------------------------|---------------------------|
| | Schatten Std./Jahr | Max. Schatten Std./Tag | Richtwert-über-schreitung | Schatten Std./Jahr | Max. Schatten Std./Tag | Richtwert-über-schreitung | Schatten Std./Jahr | Max. Schatten Std./Tag | Richtwert-über-schreitung |
| 01 | 07:18 | 00:18 | Nein | 22:01 | 00:26 | Nein | 28:59 | 00:26 | Nein |
| 02 | 11:49 | 00:14 | Nein | 26:15 | 00:21 | Nein | 36:47 | 00:29 | Ja |
| 03 | 12:54 | 00:14 | Nein | 33:48 | 00:21 | Ja | 40:02 | 00:30 | Ja |
| 04 | 11:45 | 00:14 | Nein | 26:33 | 00:21 | Nein | 35:53 | 00:30 | Ja |
| 05 | 10:11 | 00:14 | Nein | 37:32 | 00:57 | Ja | 47:43 | 01:07 | Ja |
| 06 | 04:42 | 00:12 | Nein | 44:41 | 01:03 | Ja | 49:23 | 01:03 | Ja |
| 07 | 48:34 | 00:29 | Ja | 59:09 | 00:44 | Ja | 93:12 | 00:44 | Ja |

Tabelle 3: Ergebnisse Schattenwurfdauer verursacht durch die WEA am Standort Westerberg an den jeweiligen IP.

An den IP 02 bis 07 kommt es zu einer Überschreitung der Richtwerte.

An dem IP 07 führt bereits die vorhandene Vorbelastung zu einer Richtwertüberschreitung.

An den IP 03 und 05 bis 07 reicht allein die Zusatzbelastung für eine Überschreitung der Richtwerte aus.

An den IP 02 und 04 kommt es erst durch das gemeinsame Einwirken der Vor- und Zusatzbelastung zu einer Richtwertüberschreitung.

4 Zusammenfassung und Bewertung

Im Rahmen der Errichtung von einer Windenergieanlage (WEA) vom Typ Vestas V150, 6,0 MW (WEA 01) mit 169,0 m Nabenhöhe (NH) und 150,0 m Rotordurchmesser (D) und fünf WEA vom Typ Vestas 162, 6,2 MW (WEA 02 bis 06) mit 169,0 m NH und 162,0 m D am Standort Westerberg (Niedersachsen) ist die TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG von der WindStrom Erneuerbare Energien GmbH & Co. KG mit der Durchführung einer Schattenwurfprognose beauftragt worden.

Bei dem Vorhaben handelt es sich um eine Repowering-Maßnahme, im Zuge der neun bestehende WEA vom Typ AN Bonus 76, 2,0 MW (WEA 07 bis 15) mit 61,3 m NH und 76,0 m D zurückgebaut werden sollen. Weitere sieben WEA vom Typ ENERCON E-70 E4, 2,3 MW (WEA 16 bis 22) mit 64,5 m NH und 71,0 m D bleiben als Vorbelastung bestehen.

Für die Schattenwurfprognose sind die astronomisch möglichen Beschattungsdauern für relevante Immissionspunkte (IP) und deren Bewertung nach Maßgaben der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI) /1/ zu ermitteln und zu bewerten.

Mit Bezug auf den in /1/ genannten Bewertungskriterien liegt die Gesamtbelastung ohne schattenreduzierende Maßnahmen an den IP 02 bis 07 über dem Richtwert von 30 Stunden pro Jahr bzw. 30 Minuten pro Tag.

An dem IP 07 führt bereits die vorhandene Vorbelastung zu einer Richtwertüberschreitung.

An den IP 03 und 05 bis 07 reicht allein die Zusatzbelastung für eine Überschreitung der Richtwerte aus.

An den IP 02 und 04 kommt es erst durch das gemeinsame Einwirken der Vor- und Zusatzbelastung zu einer Richtwertüberschreitung.

Gemäß /1/ ist eine Immissionsminderung durchzuführen, die die überprüfbare Einhaltung der IRW garantiert. Zum einen kann eine Abschaltautomatik, die keine meteorologischen Parameter berücksichtigt, eingesetzt werden. Diese ist auf die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer von 30 Stunden pro Kalenderjahr beziehungsweise 30 Minuten pro Tag zu begrenzen. Zum anderen kann eine Abschaltautomatik eingesetzt werden, die meteorologische Parameter berücksichtigt. Diese ist auf die tatsächliche Beschattungsdauer von 8 Stunden pro Kalenderjahr beziehungsweise 30 Minuten pro Tag zu begrenzen.

Die vorliegende gutachtliche Stellungnahme ist nur in ihrer Gesamtheit gültig. Die darin getroffenen Aussagen beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden überlieferten Dokumente.

Die TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit der vom Auftraggeber übermittelten Informationen und Angaben und für durch unrichtige Angaben bedingte falsche Aussagen.

Die von TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG erbrachten Leistungen (z.B. Gutachten, Prüf- und Beratungsleistungen) dürfen nur im Rahmen des vertraglich vereinbarten Zwecks verwendet werden. Vorbehaltlich abweichender Vereinbarungen im Einzelfall, räumt TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG dem Auftraggeber an seinen urheberrechtlichen Leistungen jeweils ein einfaches, nicht übertragbares sowie zeitlich und räumlich auf den Vertragszweck beschränktes Nutzungsrecht ein. Weitere Rechte werden ausdrücklich nicht eingeräumt, insbesondere ist der Auftraggeber nicht berechtigt, die Leistungen des Auftragnehmers zu bearbeiten, zu verändern oder nur auszugsweise zu nutzen.

Eine Veröffentlichung der Leistungen über den Rahmen des vertraglich vereinbarten Zwecks hinaus, auch auszugsweise, bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung von TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG. Eine Bezugnahme auf TÜV NORD EnSys

GmbH & Co. KG ist nur bei Verwendung der Leistung in Gänze und unverändert zulässig.

Bei einem Verstoß gegen die vorstehenden Bedingungen ist TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG jederzeit berechtigt, dem Auftraggeber die weitere Nutzung der Leistungen zu untersagen.

5 Formelzeichen und Abkürzungen

| | | |
|-------------------|---|------|
| D | Rotordurchmesser | [m] |
| ETRS89 | Europäisches Terrestrisches Referenzsystem 1989 | |
| h | Höhe über Grund | [m] |
| IP | Immissionspunkt(e) | |
| LAI | Länderausschuss für Immissionsschutz | |
| MESZ | Mitteleuropäische Sommerzeit | |
| MEZ | Mitteleuropäische Zeit | |
| NH | Nabenhöhe | [m] |
| P_{Nenn} | Nennleistung | [MW] |
| UTM | Universal Transverse Mercator | |
| WEA | Windenergieanlage(n) | |

6 Literatur- und Quellenangaben

- /1/ Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI); Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windkraftanlagen – Aktualisierung 2019 (WEA-Schattenwurf-Hinweise); Stand: 23.01.2020
- /2/ EMD International A/S; WindPRO Version 3.5 (<http://www.emd.dk>); Dänemark, 2021
- /3/ Magic Maps Tour Explorer 25, Topografische Karten, TK 1:25000, Pliezhausen, 2010
- /4/ GeoBasis-DE; Geodaten der deutschen Landesvermessung – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie; DOP – Viewer; Stand vom 03.06.2022
- /5/ WindStrom Erneuerbare Energien GmbH & Co. KG; Angaben zu den WEA-Spezifikationen der geplanten und bestehenden WEA mit Koordinaten und Lageplan; Übermittelt durch WindStrom Erneuerbare Energien GmbH & Co. KG mit E-Mails vom 07.02.2022 und 29.04.2022
- /6/ Google Inc.; Google Earth Pro; (www.google.de/earth), Version 7.3.4, 2022, USA, 2022

7 Anhang

7.1 Detaillierte Berechnungsergebnisse

Berechnungsergebnisse der Schattenwurfzeiten (SHADOW – Hauptergebnis)

- Vorbelastung – Hauptergebnis
- Vorbelastung – Karten
- Zusatzbelastung – Hauptergebnis
- Zusatzbelastung – Karten
- Gesamtbelastung – Hauptergebnis
- Gesamtbelastung – Karten

Projekt:
2022-02-17 - Westerberg Rev0 - WindStrom

Lizenzierter Anwender:
TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG -
 Große Bahnstraße 31
 DE-22525 Hamburg
 +49 40 8557 2734

Berechnet:
 02.06.2022 17:16/3.5.584

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: VB

Annahmen für Schattenwurfberechnung

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

Minimale relevante Sonnenhöhe über Horizont 3 °
 Tage zwischen Berechnungen 1 Tag(e)
 Berechnungszeitsprung 1 Minuten

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

Eine WEA wird nicht berücksichtigt, wenn sie von keinem Teil der
 Rezeptorfläche aus sichtbar ist. Die Sichtbarkeitsberechnung basiert auf
 den folgenden Annahmen:
 Verwendete Höhenlinien: Höhenlinien: CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo (1)
 Hindernisse in Berechnung verwendet
 Rasterauflösung: 1,0 m

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

WEA

| | Ost | Nord | Z | Beschreibung | WEA-Typ | | | Nenn- leistung | Rotor- durch- messer | Naben- höhe | Schattendaten | |
|--------|---------|-----------|-------|----------------------|-------------------|------------|----------------------|-------------------|----------------------------|----------------|-----------------------|---------|
| | | | | | Ak- tu- ell | Hersteller | Typ | | | | Beschatt.- Bereich | U/min |
| | | | [m] | | | | | [kW] | [m] | [m] | [m] | [U/min] |
| WEA 16 | 613.970 | 5.770.243 | 114,4 | ENERCON E-70 E4 2... | Ja | ENERCON | E-70 E4 2,3 MW-2.300 | 2.300 | 71,0 | 64,5 | 1.644 | 20,0 |
| WEA 17 | 613.793 | 5.770.073 | 120,0 | ENERCON E-70 E4 2... | Ja | ENERCON | E-70 E4 2,3 MW-2.300 | 2.300 | 71,0 | 64,5 | 1.644 | 20,0 |
| WEA 18 | 613.935 | 5.769.789 | 128,6 | ENERCON E-70 E4 2... | Ja | ENERCON | E-70 E4 2,3 MW-2.300 | 2.300 | 71,0 | 64,5 | 1.644 | 20,0 |
| WEA 19 | 612.073 | 5.769.857 | 120,0 | ENERCON E-70 E4 2... | Ja | ENERCON | E-70 E4 2,3 MW-2.300 | 2.300 | 71,0 | 64,5 | 1.644 | 20,0 |
| WEA 20 | 612.008 | 5.769.596 | 119,7 | ENERCON E-70 E4 2... | Ja | ENERCON | E-70 E4 2,3 MW-2.300 | 2.300 | 71,0 | 64,5 | 1.644 | 20,0 |
| WEA 21 | 612.019 | 5.769.355 | 115,3 | ENERCON E-70 E4 2... | Ja | ENERCON | E-70 E4 2,3 MW-2.300 | 2.300 | 71,0 | 64,5 | 1.644 | 20,0 |
| WEA 22 | 612.288 | 5.769.253 | 111,2 | ENERCON E-70 E4 2... | Ja | ENERCON | E-70 E4 2,3 MW-2.300 | 2.300 | 71,0 | 64,5 | 1.644 | 20,0 |

Schattenrezeptor-Eingabe

| Nr. | Ost | Nord | Z | Breite | Höhe | Höhe ü.Gr. | Neigung des Fensters | Ausrichtungsmodus | Augenhöhe (ZVI) ü.Gr. |
|-------|---------|-----------|-------|--------|------|---------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|
| | | | [m] | [m] | [m] | [m] | [°] | | [m] |
| IP 01 | 614.845 | 5.769.607 | 125,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 90,0 | "Gewächshaus-Modus" | 2,0 |
| IP 02 | 610.858 | 5.769.141 | 95,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 90,0 | "Gewächshaus-Modus" | 2,0 |
| IP 03 | 610.889 | 5.768.867 | 96,8 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 90,0 | "Gewächshaus-Modus" | 2,0 |
| IP 04 | 610.841 | 5.769.091 | 95,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 90,0 | "Gewächshaus-Modus" | 2,0 |
| IP 05 | 612.856 | 5.771.001 | 100,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 90,0 | "Gewächshaus-Modus" | 2,0 |
| IP 06 | 612.707 | 5.770.984 | 100,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 90,0 | "Gewächshaus-Modus" | 2,0 |
| IP 07 | 611.485 | 5.769.854 | 124,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 90,0 | "Gewächshaus-Modus" | 2,0 |

Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

astron. max. mögl. Beschattungsdauer

| Nr. | Stunden/Jahr | Schattentage/Jahr | Max.Schattendauer/Tag |
|-------|--------------|-------------------|-----------------------|
| | [h/a] | [d/a] | [h/d] |
| IP 01 | 7:18 | 46 | 0:18 |
| IP 02 | 11:49 | 83 | 0:14 |
| IP 03 | 12:54 | 94 | 0:14 |
| IP 04 | 11:45 | 84 | 0:14 |
| IP 05 | 10:11 | 62 | 0:14 |
| IP 06 | 4:42 | 40 | 0:12 |
| IP 07 | 48:34 | 154 | 0:29 |

Projekt:
2022-02-17 - Westerberg Rev0 - WindStrom

Lizenzierte Anwender:
TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG -
Große Bahnstraße 31
DE-22525 Hamburg
+49 40 8557 2734

Berechnet:
02.06.2022 17:16/3.5.584

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: VB

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

| Nr. | Name | Maximal [h/a] |
|--------|--|------------------|
| WEA 16 | ENERCON E-70 E4 2,3 MW 2300 71.0 IO! NH: 64,5 m (Ges:100,0 m) (60) | 3:49 |
| WEA 17 | ENERCON E-70 E4 2,3 MW 2300 71.0 IO! NH: 64,5 m (Ges:100,0 m) (61) | 13:34 |
| WEA 18 | ENERCON E-70 E4 2,3 MW 2300 71.0 IO! NH: 64,5 m (Ges:100,0 m) (62) | 4:48 |
| WEA 19 | ENERCON E-70 E4 2,3 MW 2300 71.0 IO! NH: 64,5 m (Ges:100,0 m) (63) | 18:46 |
| WEA 20 | ENERCON E-70 E4 2,3 MW 2300 71.0 IO! NH: 64,5 m (Ges:100,0 m) (64) | 28:18 |
| WEA 21 | ENERCON E-70 E4 2,3 MW 2300 71.0 IO! NH: 64,5 m (Ges:100,0 m) (65) | 26:47 |
| WEA 22 | ENERCON E-70 E4 2,3 MW 2300 71.0 IO! NH: 64,5 m (Ges:100,0 m) (66) | 7:06 |

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.

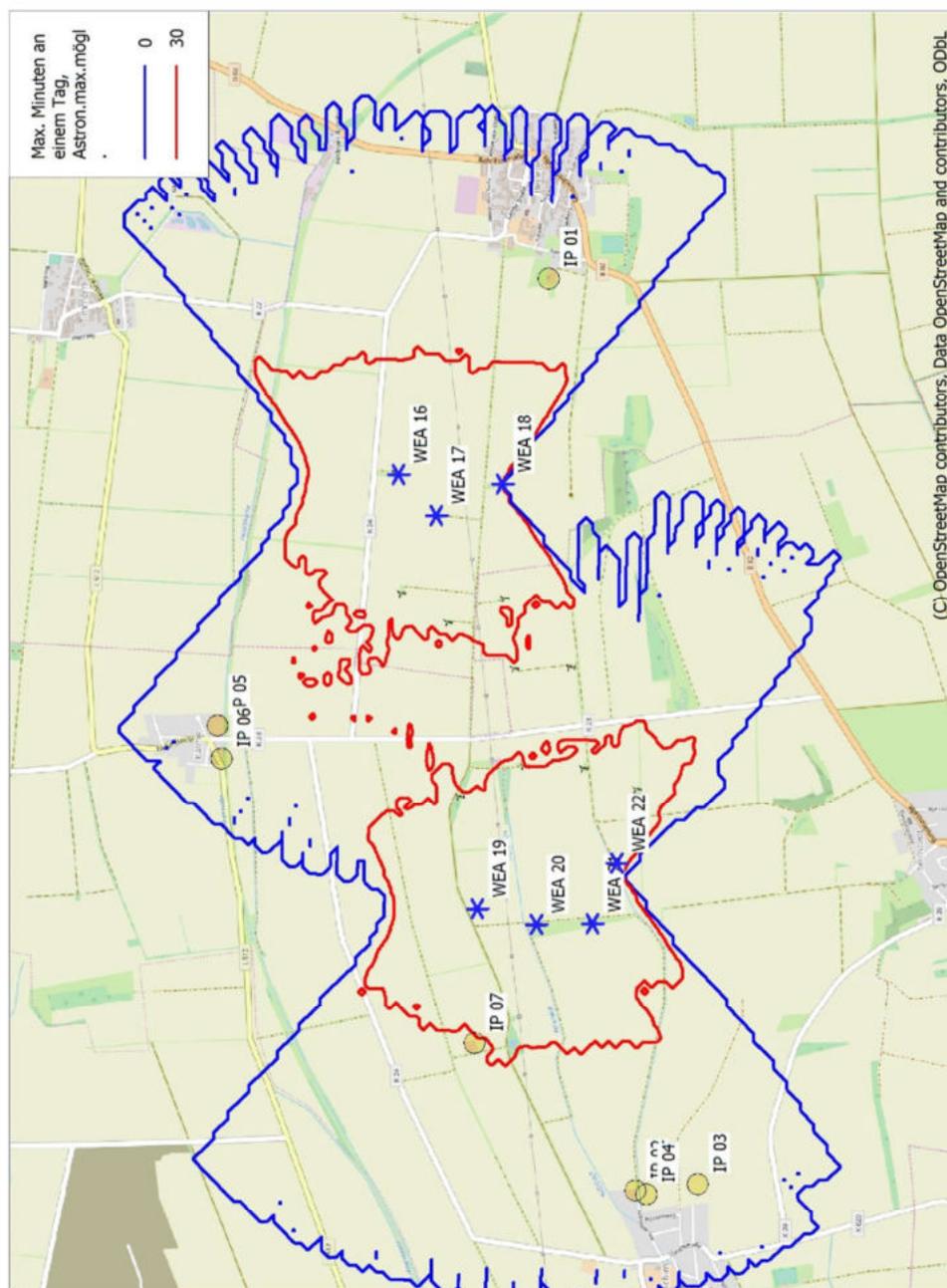
Projekt:
**2022-02-17 - Westerberg Rev0 -
 WindStrom**

**SHADOW -
 Karte
 Berechnung:
 VB**

Lizenzierter Anwender:
**TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG -
 Große Bahnstraße 31
 DE-22525 Hamburg
 +49 40 8557 2734**

Berechnung:
 02.06.2022 17:16/3.5.584

21.06.2022 10:37 / 1



Karte: EMD OpenStreetMap , Maßstab 1:27.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 613.147 Nord: 5.769.800
 Schattenrezeptor

Existierende WEA
 * Höhe der Schattenkarte: Höhenlinien: CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo (1)
 Zeitschritt: 4 Minuten, Schrittweite: 14 Tag(e), Kartenauflösung: 30 m, Sichtbarkeit Auflösung: 15 m, Augenhöhe: 1,5 m

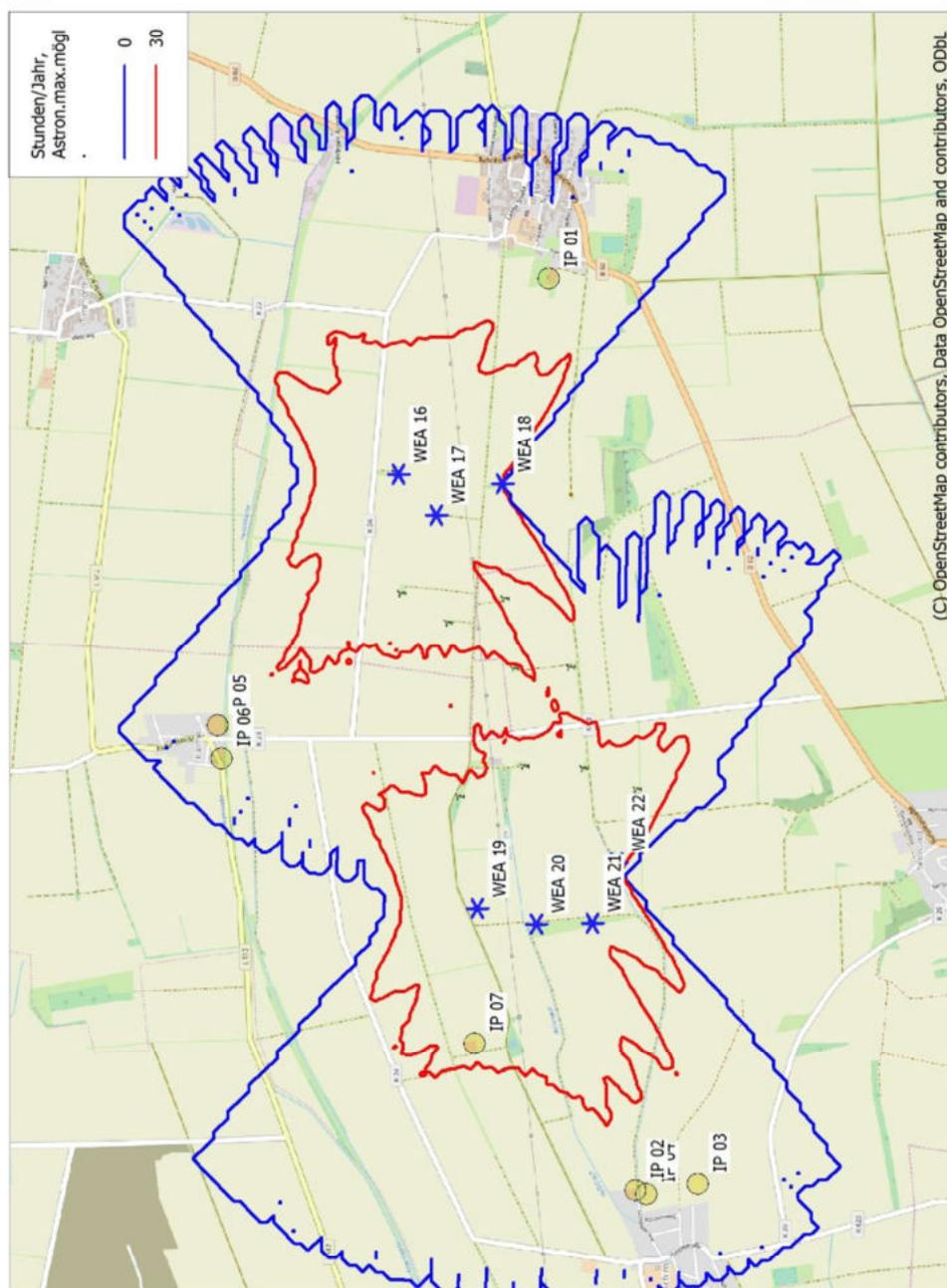
Projekt:
**2022-02-17 - Westerberg Rev0 -
 WindStrom**

**SHADOW -
 Karte
 Berechnung:
 VB**

Lizenznehmer Anwender:
**TUV NORD EnSys GmbH & Co. KG -
 Große Bahnstraße 31
 DE-22525 Hamburg
 +49 40 8557 2734**

Berechnung:
 02.06.2022 17:16/3.5.584

21.06.2022 10:35 / 1



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

Karte: EMD OpenStreetMap, Maßstab 1:27.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 613.147 Nord: 5.769.800
 Schattenrezeptor
 Höhe der Schattenkarte: Höhenlinien: CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo (1)
 Zeitschritt: 4 Minuten, Schrittweite: 14 Tag(e), Kartenaufösung: 30 m, Sichtbarkeit Auflösung: 15 m, Augenhöhe: 1,5 m

* Existierende WEA

Projekt:
2022-02-17 - Westerberg Rev0 - WindStrom

Lizenzierter Anwender:
TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG -
 Große Bahnstraße 31
 DE-22525 Hamburg
 +49 40 8557 2734

Berechnet:
 02.06.2022 17:15/3.5.584

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: ZB

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

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

WEA

| | Ost | Nord | Z | 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] |
| RP 01 | 612.958 | 5.769.952 | 124,6 | VESTAS V150-6.0 6000 150.0 ... Ja | Ja | VESTAS | V150-6.0-6.000 | 6.000 | 150,0 | 169,0 | 1.897 | 0,0 |
| RP 02 | 613.380 | 5.770.016 | 122,2 | VESTAS V162-6.2 6200 162.0 ... Ja | Ja | VESTAS | V162-6.2-6.200 | 6.200 | 162,0 | 169,0 | 2.037 | 0,0 |
| RP 03 | 613.147 | 5.769.629 | 130,0 | VESTAS V162-6.2 6200 162.0 ... Ja | Ja | VESTAS | V162-6.2-6.200 | 6.200 | 162,0 | 169,0 | 2.037 | 0,0 |
| RP 04 | 612.686 | 5.769.209 | 120,0 | VESTAS V162-6.2 6200 162.0 ... Ja | Ja | VESTAS | V162-6.2-6.200 | 6.200 | 162,0 | 169,0 | 2.037 | 0,0 |
| RP 05 | 612.744 | 5.769.575 | 125,0 | VESTAS V162-6.2 6200 162.0 ... Ja | Ja | VESTAS | V162-6.2-6.200 | 6.200 | 162,0 | 169,0 | 2.037 | 0,0 |
| RP 06 | 612.562 | 5.769.920 | 122,5 | VESTAS V162-6.2 6200 162.0 ... Ja | Ja | VESTAS | V162-6.2-6.200 | 6.200 | 162,0 | 169,0 | 2.037 | 0,0 |

Schattenrezeptor-Eingabe

| Nr. | Ost | Nord | Z | Breite | Höhe | Höhe ü.Gr. | Neigung des Fensters | Ausrichtungsmodus | Augenhöhe (ZVI) ü.Gr. |
|-------|---------|-----------|-------|--------|------|---------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|
| | | | [m] | [m] | [m] | [m] | [°] | | [m] |
| IP 01 | 614.845 | 5.769.607 | 125,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 90,0 | "Gewächshaus-Modus" | 2,0 |
| IP 02 | 610.858 | 5.769.141 | 95,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 90,0 | "Gewächshaus-Modus" | 2,0 |
| IP 03 | 610.889 | 5.768.867 | 96,8 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 90,0 | "Gewächshaus-Modus" | 2,0 |
| IP 04 | 610.841 | 5.769.091 | 95,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 90,0 | "Gewächshaus-Modus" | 2,0 |
| IP 05 | 612.856 | 5.771.001 | 100,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 90,0 | "Gewächshaus-Modus" | 2,0 |
| IP 06 | 612.707 | 5.770.984 | 100,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 90,0 | "Gewächshaus-Modus" | 2,0 |
| IP 07 | 611.485 | 5.769.854 | 124,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 90,0 | "Gewächshaus-Modus" | 2,0 |

Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

astron. max. mögl. Beschattungsdauer

| Nr. | Stunden/Jahr [h/a] | Schattentage/Jahr [d/a] | Max.Schattendauer/Tag [h/d] |
|-------|-----------------------|----------------------------|--------------------------------|
| IP 01 | 22:01 | 69 | 0:26 |
| IP 02 | 26:15 | 100 | 0:21 |
| IP 03 | 33:48 | 119 | 0:21 |
| IP 04 | 26:33 | 100 | 0:21 |
| IP 05 | 37:32 | 60 | 0:57 |
| IP 06 | 44:41 | 72 | 1:03 |
| IP 07 | 59:09 | 129 | 0:44 |

Projekt:
2022-02-17 - Westerberg Rev0 - WindStrom

Lizenzierte Anwender:
TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG -
Große Bahnstraße 31
DE-22525 Hamburg
+49 40 8557 2734

Berechnet:
02.06.2022 17:15/3.5.584

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: ZB

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

| Nr. | Name | Maximal [h/a] |
|-------|--|------------------|
| RP 01 | VESTAS V150-6.0 6000 150.0 IO! NH: 169,0 m (Ges:244,0 m) (1) | 15:31 |
| RP 02 | VESTAS V162-6.2 6200 162.0 IO! NH: 169,0 m (Ges:250,0 m) (2) | 82:10 |
| RP 03 | VESTAS V162-6.2 6200 162.0 IO! NH: 169,0 m (Ges:250,0 m) (3) | 16:38 |
| RP 04 | VESTAS V162-6.2 6200 162.0 IO! NH: 169,0 m (Ges:250,0 m) (4) | 31:41 |
| RP 05 | VESTAS V162-6.2 6200 162.0 IO! NH: 169,0 m (Ges:250,0 m) (5) | 32:00 |
| RP 06 | VESTAS V162-6.2 6200 162.0 IO! NH: 169,0 m (Ges:250,0 m) (6) | 64:22 |

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.

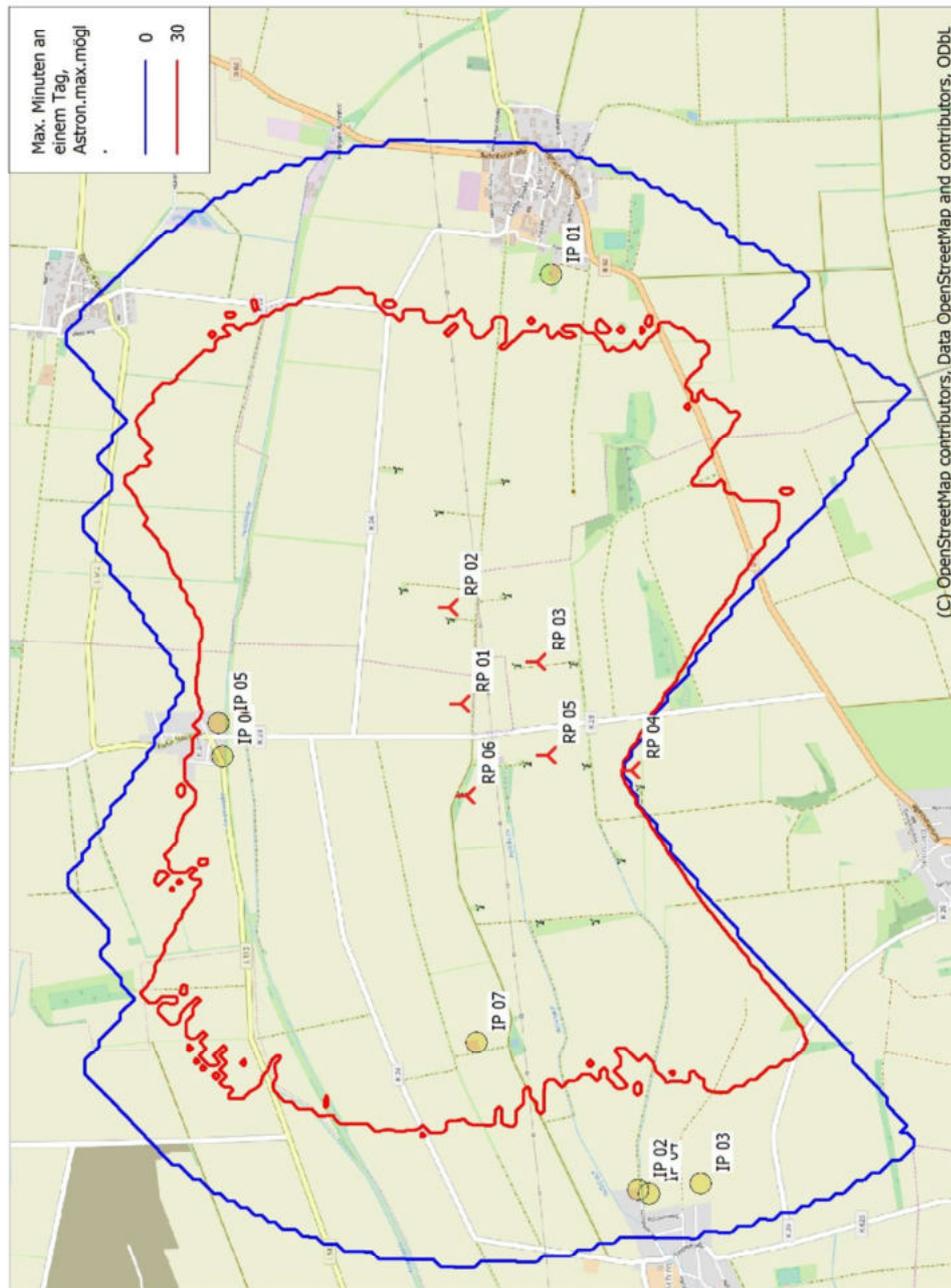
Projekt:
**2022-02-17 - Westerberg Rev0 -
 WindStrom**

**SHADOW -
 Karte
 Berechnung:
 ZB**

LiDAR-Anwender:
**TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG -
 Große Bahnstraße 31
 DE-22525 Hamburg
 +49 40 8557 2734**

Berechnung:
 02.06.2022 17:15/3.5.584

21.06.2022 10:33 / 1



Neue WEA

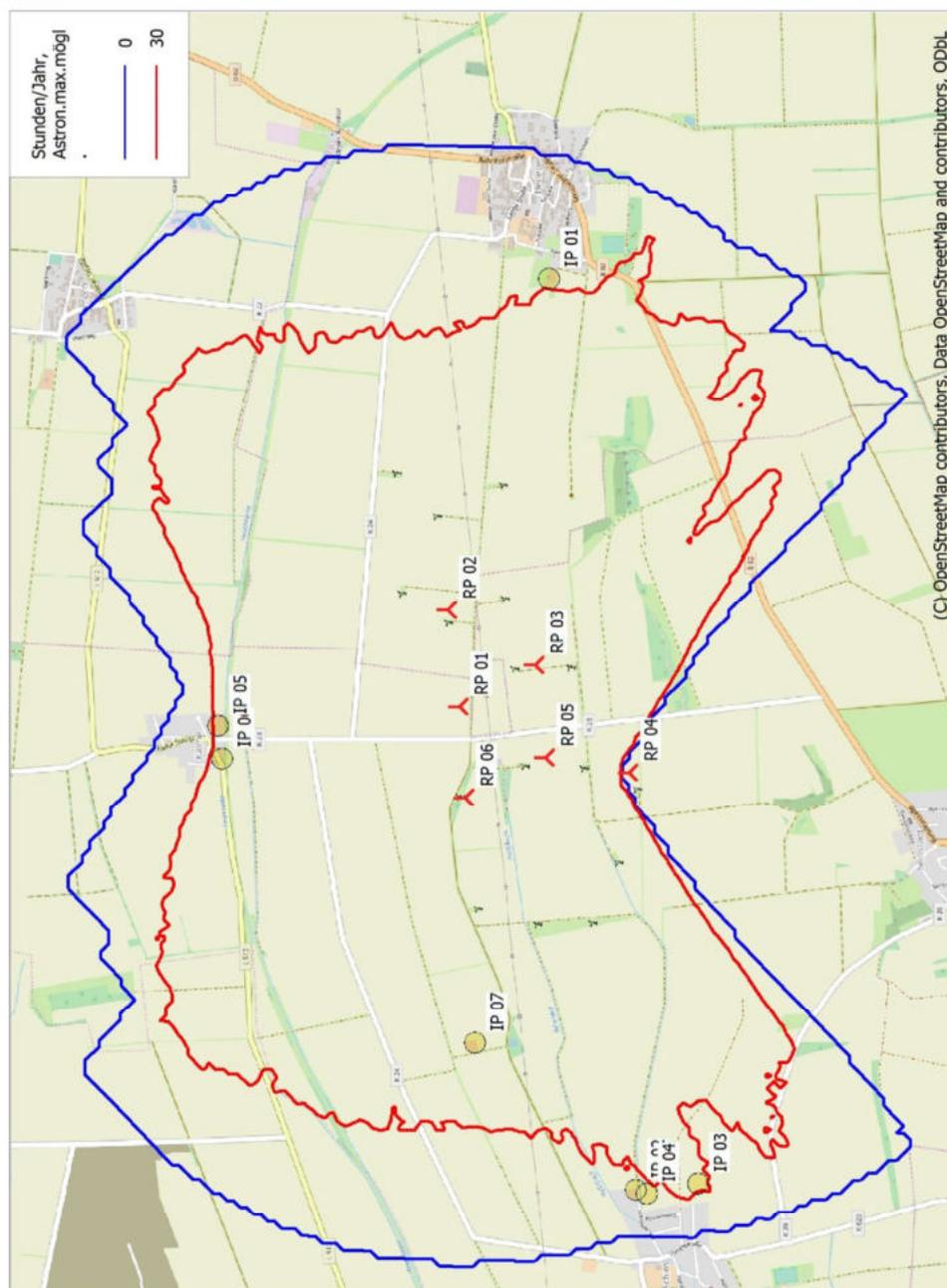
Projekt:
**2022-02-17 - Westerberg Rev0 -
 WindStrom**

**SHADOW -
 Karte
 Berechnung:
 ZB**

Lizenzierter Anwender:
TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG -
 Große Bahnstraße 31
 DE-22525 Hamburg
 +49 40 8557 2734

Berechnet:
 02.06.2022 17:15/3.5.584

21.06.2022 10:32 / 1
 windPRO



Karte: EMD OpenStreetMap , Maßstab 1:27.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 613.147 Nord: 5.769.800
 Schattenrezeptor

Zeitschritt: 4 Minuten, Schrittweite: 14 Tag(e), Kartenaufösung: 30 m, Sichtbarkeit Auflösung: 15 m, Augenhöhe: 1,5 m

Neue WEA

Projekt:
2022-02-17 - Westerberg Rev0 - WindStrom

Lizenzierte Anwender:
TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG -
 Große Bahnstraße 31
 DE-22525 Hamburg
 +49 40 8557 2734

Berechnet:
 02.06.2022 17:13/3.5.584

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: GB

Annahmen für Schattenwurfberechnung

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

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

Eine WEA wird nicht berücksichtigt, wenn sie von keinem Teil der
 Rezeptorfläche aus sichtbar ist. Die Sichtbarkeitsberechnung basiert auf
 den folgenden Annahmen:
 Verwendete Höhenlinien: Höhenlinien: CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo (1)
 Hindernisse in Berechnung verwendet
 Rasterauflösung: 1,0 m

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

WEA

| | Ost | Nord | Z | 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] |
| RP 01 | 612.958 | 5.769.952 | 124,6 | VESTAS V150-6.0 60... Ja | Ja | VESTAS | V150-6.0-6.000 | 6.000 | 150,0 | 169,0 | 1.897 | 0,0 |
| RP 02 | 613.380 | 5.770.016 | 122,2 | VESTAS V162-6.2 62... Ja | Ja | VESTAS | V162-6.2-6.200 | 6.200 | 162,0 | 169,0 | 2.037 | 0,0 |
| RP 03 | 613.147 | 5.769.629 | 130,0 | VESTAS V162-6.2 62... Ja | Ja | VESTAS | V162-6.2-6.200 | 6.200 | 162,0 | 169,0 | 2.037 | 0,0 |
| RP 04 | 612.686 | 5.769.209 | 120,0 | VESTAS V162-6.2 62... Ja | Ja | VESTAS | V162-6.2-6.200 | 6.200 | 162,0 | 169,0 | 2.037 | 0,0 |
| RP 05 | 612.744 | 5.769.575 | 125,0 | VESTAS V162-6.2 62... Ja | Ja | VESTAS | V162-6.2-6.200 | 6.200 | 162,0 | 169,0 | 2.037 | 0,0 |
| RP 06 | 612.562 | 5.769.920 | 122,5 | VESTAS V162-6.2 62... Ja | Ja | VESTAS | V162-6.2-6.200 | 6.200 | 162,0 | 169,0 | 2.037 | 0,0 |
| WEA 16 | 613.970 | 5.770.243 | 114,4 | ENERCON E-70 E4 2... Ja | Ja | ENERCON | E-70 E4 2,3 MW-2.300 | 2.300 | 71,0 | 64,5 | 1.644 | 20,0 |
| WEA 17 | 613.793 | 5.770.073 | 120,0 | ENERCON E-70 E4 2... Ja | Ja | ENERCON | E-70 E4 2,3 MW-2.300 | 2.300 | 71,0 | 64,5 | 1.644 | 20,0 |
| WEA 18 | 613.935 | 5.769.789 | 128,6 | ENERCON E-70 E4 2... Ja | Ja | ENERCON | E-70 E4 2,3 MW-2.300 | 2.300 | 71,0 | 64,5 | 1.644 | 20,0 |
| WEA 19 | 612.073 | 5.769.857 | 120,0 | ENERCON E-70 E4 2... Ja | Ja | ENERCON | E-70 E4 2,3 MW-2.300 | 2.300 | 71,0 | 64,5 | 1.644 | 20,0 |
| WEA 20 | 612.008 | 5.769.596 | 119,7 | ENERCON E-70 E4 2... Ja | Ja | ENERCON | E-70 E4 2,3 MW-2.300 | 2.300 | 71,0 | 64,5 | 1.644 | 20,0 |
| WEA 21 | 612.019 | 5.769.355 | 115,3 | ENERCON E-70 E4 2... Ja | Ja | ENERCON | E-70 E4 2,3 MW-2.300 | 2.300 | 71,0 | 64,5 | 1.644 | 20,0 |
| WEA 22 | 612.288 | 5.769.253 | 111,2 | ENERCON E-70 E4 2... Ja | Ja | ENERCON | E-70 E4 2,3 MW-2.300 | 2.300 | 71,0 | 64,5 | 1.644 | 20,0 |

Schattenrezeptor-Eingabe

| Nr. | Ost | Nord | Z | Breite | Höhe | Höhe | Neigung des | Ausrichtungsmodus | Augenhöhe (ZVI) ü.Gr. |
|-------|---------|-----------|-------|--------|------|-------|-------------|---------------------|-----------------------|
| | | | [m] | [m] | [m] | ü.Gr. | [°] | | [m] |
| IP 01 | 614.845 | 5.769.607 | 125,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 90,0 | "Gewächshaus-Modus" | 2,0 |
| IP 02 | 610.858 | 5.769.141 | 95,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 90,0 | "Gewächshaus-Modus" | 2,0 |
| IP 03 | 610.889 | 5.768.867 | 96,8 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 90,0 | "Gewächshaus-Modus" | 2,0 |
| IP 04 | 610.841 | 5.769.091 | 95,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 90,0 | "Gewächshaus-Modus" | 2,0 |
| IP 05 | 612.856 | 5.771.001 | 100,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 90,0 | "Gewächshaus-Modus" | 2,0 |
| IP 06 | 612.707 | 5.770.984 | 100,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 90,0 | "Gewächshaus-Modus" | 2,0 |
| IP 07 | 611.485 | 5.769.854 | 124,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 90,0 | "Gewächshaus-Modus" | 2,0 |

Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

astron. max. mögl. Beschattungsdauer

| Nr. | Stunden/Jahr | Schattentage/Jahr | Max.Schattendauer/Tag |
|-------|--------------|-------------------|-----------------------|
| | [h/a] | [d/a] | [h/d] |
| IP 01 | 28:59 | 97 | 0:26 |
| IP 02 | 36:47 | 129 | 0:29 |
| IP 03 | 40:02 | 119 | 0:30 |
| IP 04 | 35:53 | 134 | 0:30 |
| IP 05 | 47:43 | 78 | 1:07 |

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:
2022-02-17 - Westerberg Rev0 - WindStrom

Lizenzierte Anwender:
TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG -
 Große Bahnstraße 31
 DE-22525 Hamburg
 +49 40 8557 2734

Berechnet:
 02.06.2022 17:13/3.5.584

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: GB

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

| Nr. | astron. max. mögl. Beschattungsdauer | | |
|-------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| | Stunden/Jahr [h/a] | Schattentage/Jahr [d/a] | Max.Schattendauer/Tag [h/d] |
| IP 06 | 49:23 | 86 | 1:03 |
| IP 07 | 93:12 | 217 | 0:44 |

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

| Nr. | Name | Maximal [h/a] |
|--------|--|------------------|
| RP 01 | VESTAS V150-6.0 6000 150.0 !O! NH: 169,0 m (Ges:244,0 m) (1) | 15:31 |
| RP 02 | VESTAS V162-6.2 6200 162.0 !O! NH: 169,0 m (Ges:250,0 m) (2) | 82:10 |
| RP 03 | VESTAS V162-6.2 6200 162.0 !O! NH: 169,0 m (Ges:250,0 m) (3) | 16:38 |
| RP 04 | VESTAS V162-6.2 6200 162.0 !O! NH: 169,0 m (Ges:250,0 m) (4) | 31:41 |
| RP 05 | VESTAS V162-6.2 6200 162.0 !O! NH: 169,0 m (Ges:250,0 m) (5) | 32:00 |
| RP 06 | VESTAS V162-6.2 6200 162.0 !O! NH: 169,0 m (Ges:250,0 m) (6) | 64:22 |
| WEA 16 | ENERCON E-70 E4 2,3 MW 2300 71.0 !O! NH: 64,5 m (Ges:100,0 m) (60) | 3:49 |
| WEA 17 | ENERCON E-70 E4 2,3 MW 2300 71.0 !O! NH: 64,5 m (Ges:100,0 m) (61) | 13:34 |
| WEA 18 | ENERCON E-70 E4 2,3 MW 2300 71.0 !O! NH: 64,5 m (Ges:100,0 m) (62) | 4:48 |
| WEA 19 | ENERCON E-70 E4 2,3 MW 2300 71.0 !O! NH: 64,5 m (Ges:100,0 m) (63) | 18:46 |
| WEA 20 | ENERCON E-70 E4 2,3 MW 2300 71.0 !O! NH: 64,5 m (Ges:100,0 m) (64) | 28:18 |
| WEA 21 | ENERCON E-70 E4 2,3 MW 2300 71.0 !O! NH: 64,5 m (Ges:100,0 m) (65) | 26:47 |
| WEA 22 | ENERCON E-70 E4 2,3 MW 2300 71.0 !O! NH: 64,5 m (Ges:100,0 m) (66) | 7:06 |

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.

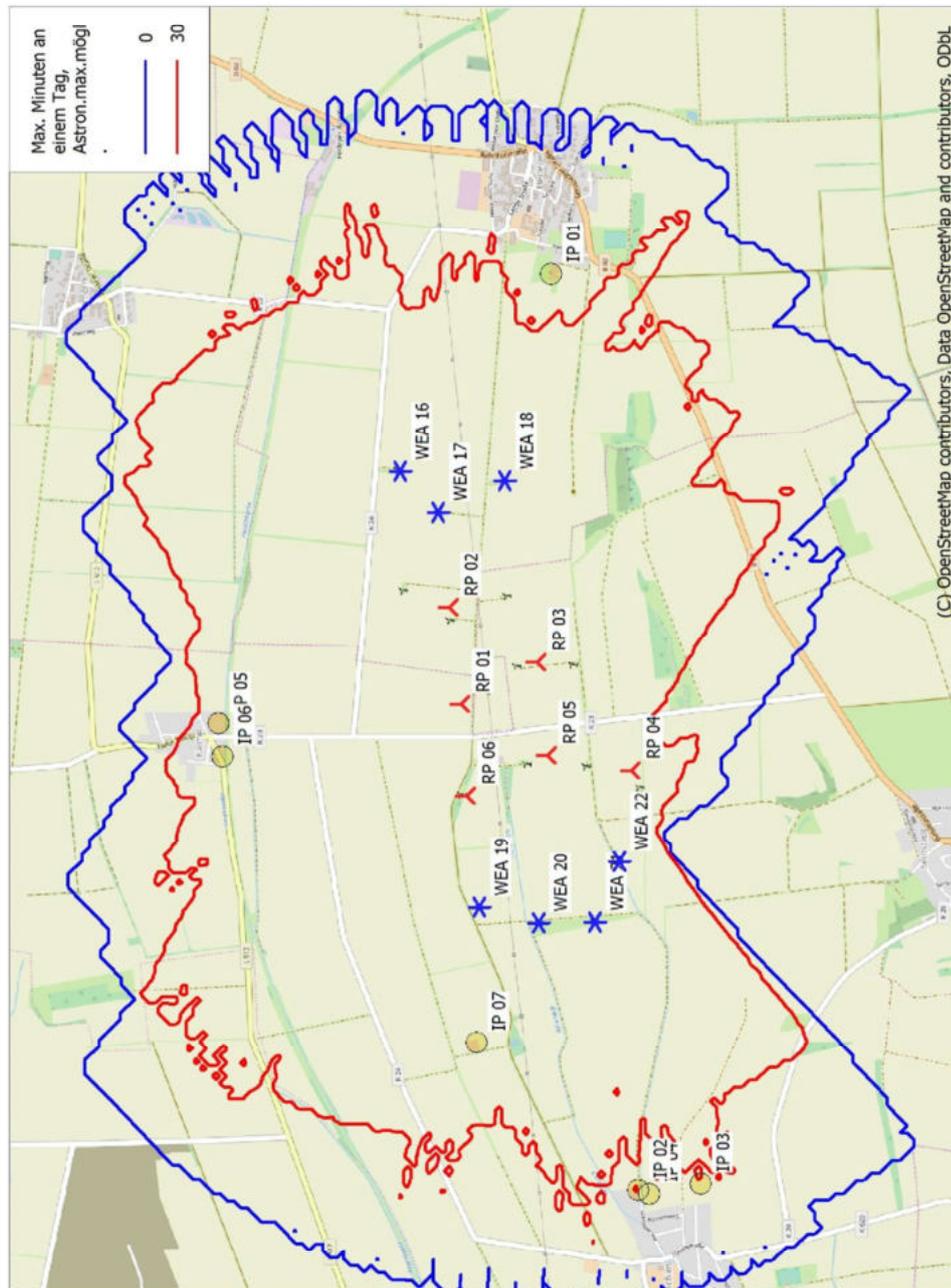
Projekt:
**2022-02-17 - Westerberg Rev0 -
 WindStrom**

**SHADOW -
 Karte
 Berechnung:
 GB**

Lizenzierter Anwender:
**TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG -
 Große Bahnstraße 31
 DE-22525 Hamburg
 +49 40 8557 2734**

Bezeichn:
 02.06.2022 17:13/3.5.584

21.06.2022 10:39 / 1



Karte: EMD OpenStreetMap , Maßstab 1:27.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 613.147 Nord: 5.769.800
 * Existierende WEA Schattenrezeptor
 Höhe der Schattenkarte: Höhenlinien: CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.vpco (1)
 Zeitschritt: 4 Minuten, Schrittweite: 14 Tag(e), Kartenauflösung: 30 m, Sichtbarkeit Auflösung: 15 m, Augenhöhe: 1,5 m

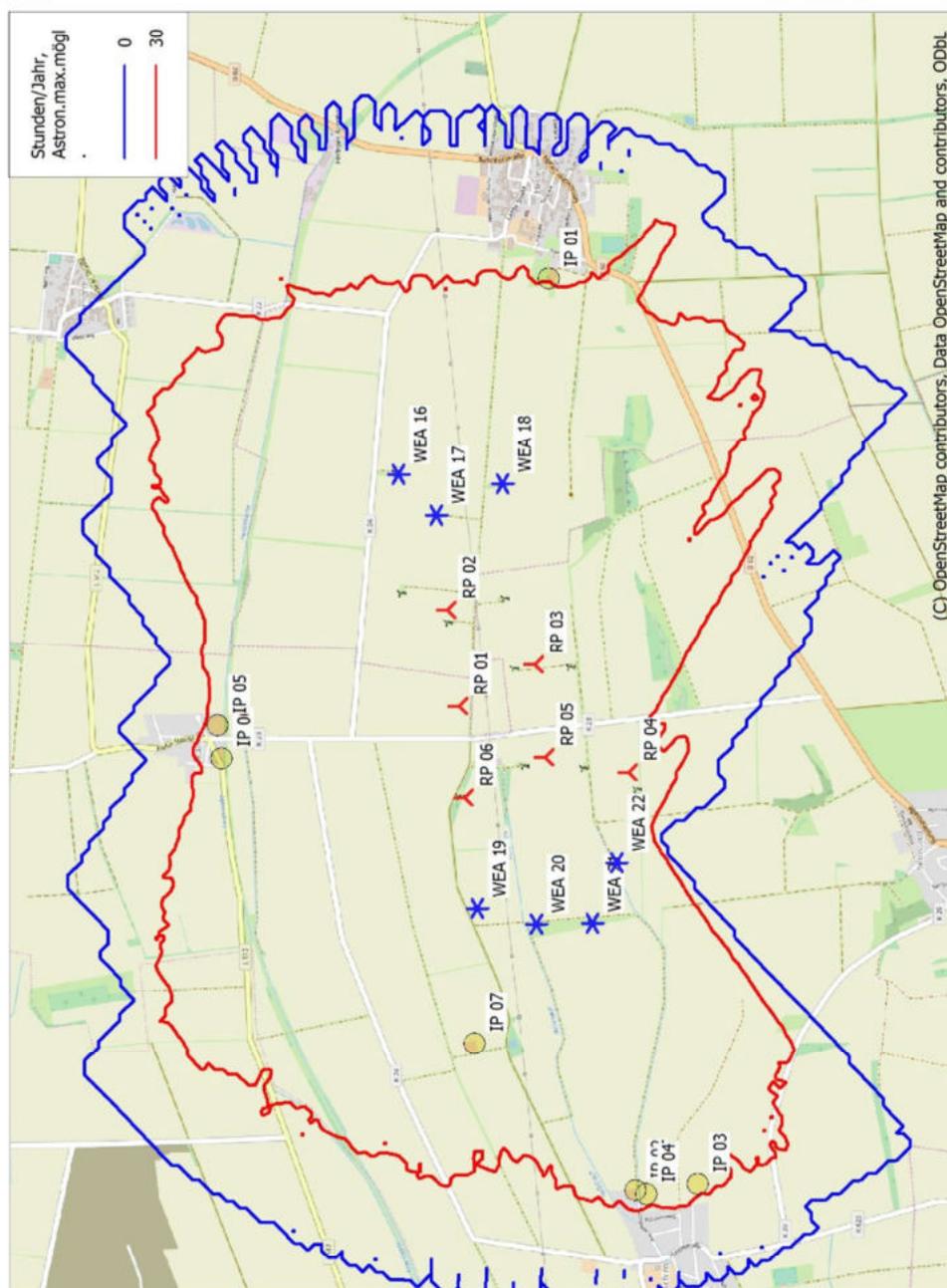
Neue WEA

Projekt:
**2022-02-17 - Westerberg Rev0 -
 WindStrom**

**SHADOW -
 Karte
 Berechnung:
 GB**

LiDAR-Anwender:
**TUV NORD EnSys GmbH & Co. KG -
 Große Bahnstraße 31
 DE-22525 Hamburg
 +49 40 8557 2734**

Berechnung:
 02.06.2022 17:13/3.5.584



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

Karte: EMD OpenStreetMap, Maßstab 1:27.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 613.147 Nord: 5.769.800
 * Existierende WEA
 * Schattenrezeptor
 Höhe der Schattenkarte: Höhenlinien: CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo (1)
 Zeitschritt: 4 Minuten, Schrittweite: 14 Tag(e), Kartenaufösung: 30 m, Sichtbarkeit Auflösung: 15 m, Augenhöhe: 1,5 m

Neue WEA

7.2 Lageplan der Immissionspunkte

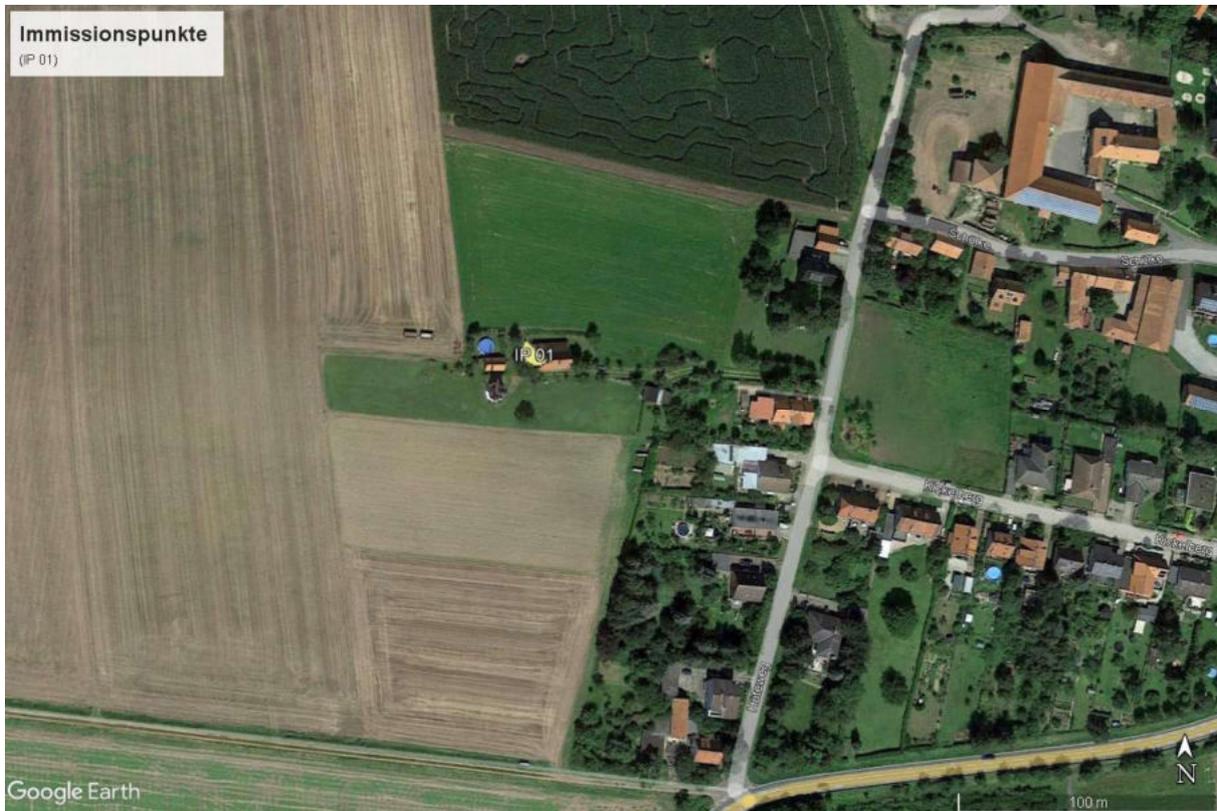


Abbildung 2: Lage des IP 01, Symbole aus /2/, Luftbild aus /6/.

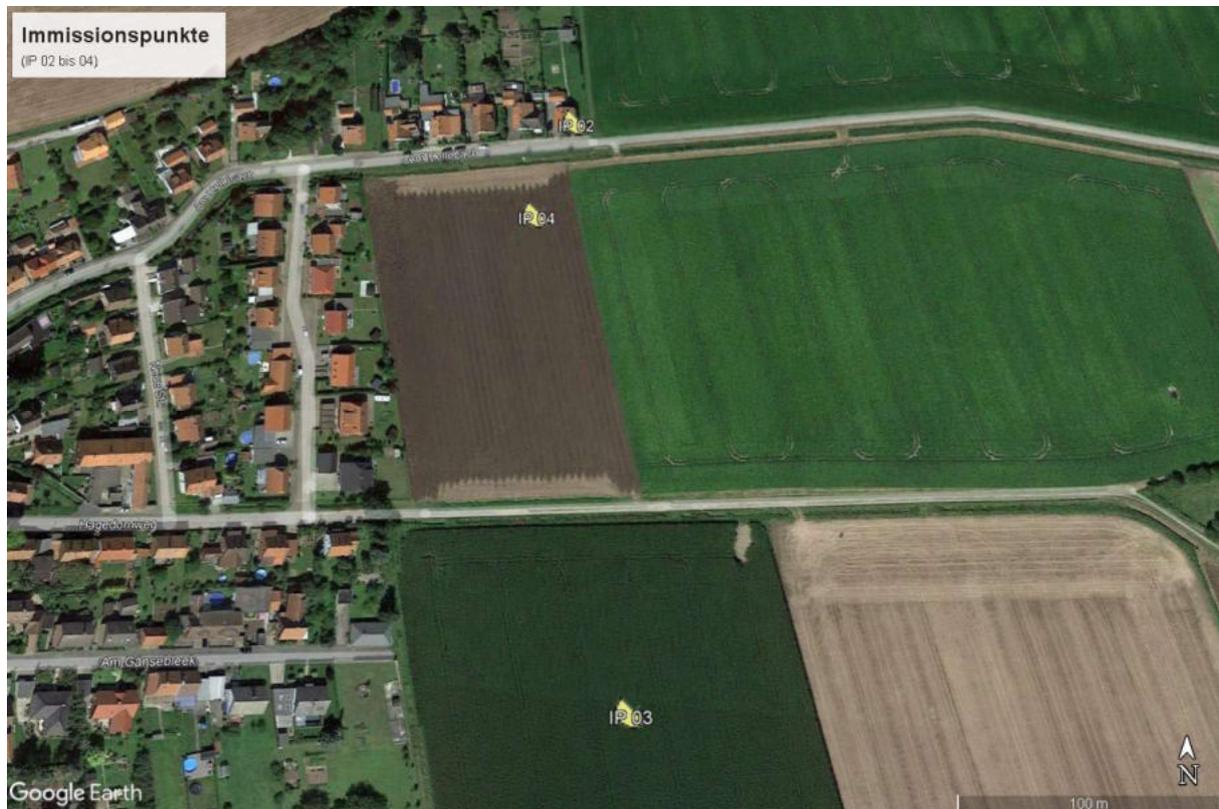


Abbildung 3: Lage der IP 02 bis 04, Symbole aus /2/, Luftbild aus /6/.



Abbildung 4: Lage der IP 05 und 06, Symbole aus /2/, Luftbild aus /6/.

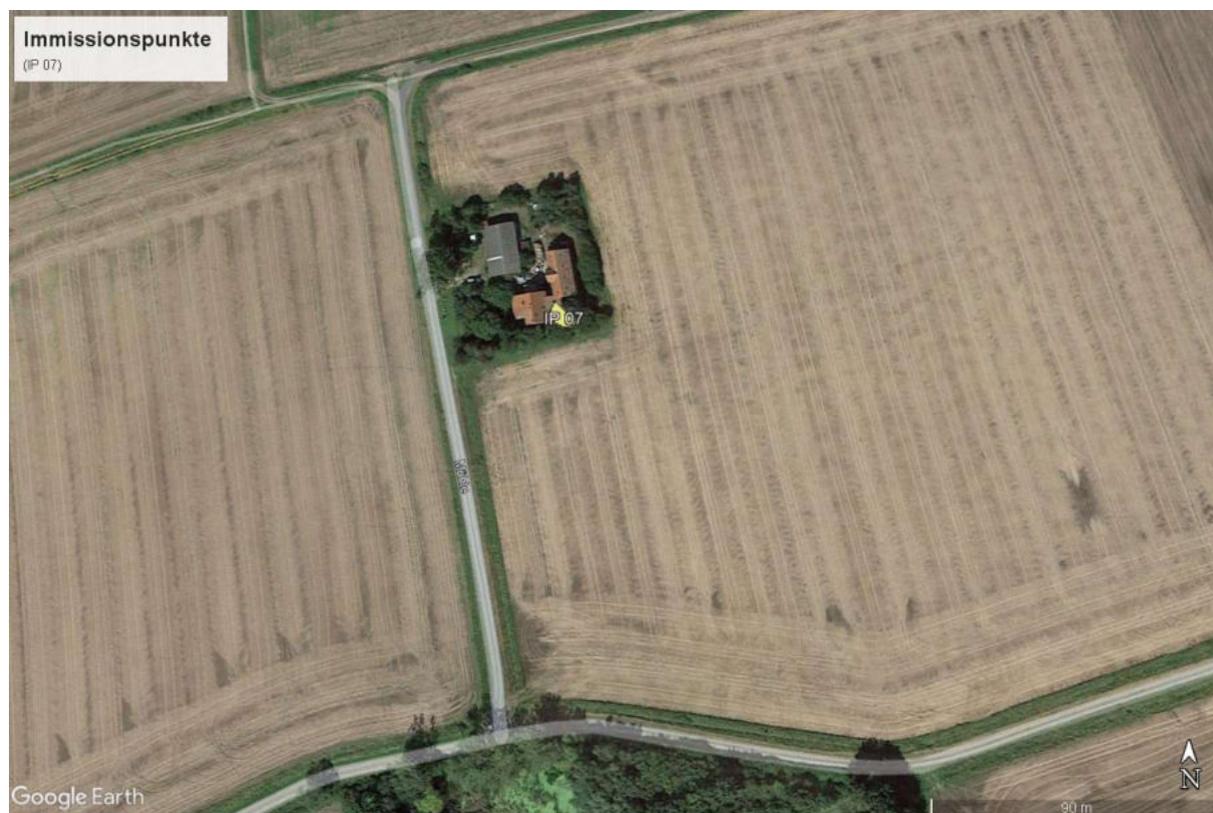


Abbildung 5: Lage des IP 07, Symbole aus /2/, Luftbild aus /6/.