

Gutachtliche Stellungnahme zur Schattenwurfprognose für den Windpark Ebersdorf-Alfstedt

Erstellt im Auftrag für

Ebersdorfer Bioenergie GmbH & Co. KG

Ebersdorf

Revision 0

Hamburg, 30.03.2022

Revision	Datum	Änderung
0	30.03.2022	Erste Ausgabe

Gegenstand: Gutachtliche Stellungnahme zur Schattenwurfprognose
für den Windpark Ebersdorf-Alfstedt

Referenz-Nr.: 2021-WND-SW-013-R0

Auftraggeber: Ebersdorfer Bioenergie GmbH & Co. KG
Hauptstraße 41
27432 Ebersdorf

Anlagenhersteller: Nordex SE
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg, Deutschland

WEA-Typ	P_{Nenn} [MW]	D [m]	NH [m]
Nordex N163/6.X STE	6,8	163,0	164,0

Vom Auftraggeber eingereichte Unterlagen /4/:

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

Die Ausarbeitung der gutachtlichen Stellungnahme erfolgte durch:

Verfasser	 Dipl.-Ing (FH) Lars Zieren Sachverständiger	Hamburg, 30.03.2022
Geprüft durch	 Dr. rer. nat. Rasmus Fischer Sachverständiger	Hamburg, 30.03.2022

Für weitere Auskünfte:

TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG
L. Zieren
Große Bahnstraße 31
22525 Hamburg

Tel.: +49 40 8557 2156
Fax: +49 40 8557 2552
E-Mail: lzieren@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>	12
4	Zusammenfassung und Bewertung	13
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>	31

1 Aufgabenstellung

Im Rahmen der Errichtung von einer Windenergieanlage (WEA) vom Typ Nordex N163 6.X STE, 6,8 MW (WEA 01) mit 164,0 m Nabenhöhe (NH) und 163,0 m Rotordurchmesser (D) am Standort Ebersdorf-Alfstedt (Niedersachsen) ist die TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG von der Ebersdorfer Bioenergie GmbH & Co. KG mit der Durchführung einer Schattenwurfprognose beauftragt worden. Als Vorbelastung sind 41 bestehende WEA (WEA 02 bis 42) in der Umgebung der geplanten WEA zu berücksichtigen /7/.

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 den Mitarbeiter der TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG, Herrn Weiß am 11.10.2021 durchgeführt.

Die Koordinaten und Spezifikationen der geplanten WEA sind durch den Auftraggeber übermittelt /4/ (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 Windrichtung 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 Ebersdorf-Alfstedt erfolgt gemäß eingereichtem Planungsstand für die Windparkkonfiguration /4/, /7/ aus Tabelle 1.

Die Bezeichnungen der einzelnen WEA in dieser gutachtlichen Stellungnahme beziehen sich auf die laufende Nummer, die ebenfalls aus Tabelle 1 ersichtlich sind.

Lfd. WEA-Nr.	WEA-Bezeichnung	Koordinaten [m]		WEA-Typ	P _{Nenn} [MW]	D [m]	NH [m]
		Rechtswert	Hochwert				
Geplante WEA im Windpark Ebersdorf-Alfstedt							
 01	WEA 01, Var5	501718	5932638	Nordex N163/6.X STE	6,8	163,0	164,0

Lfd. WEA- Nr.	WEA- Bezeich- nung	Koordinaten [m]		WEA-Typ	P _{Nenn} [MW]	D [m]	NH [m]	
		Rechts- wert	Hoch- wert					
Weitere WEA in der Umgebung der geplanten WEA								
	02	WEA 01	502202	5932417	GE 5.3-158	5,3	158,0	161,0
	03	WEA 02	502433	5932740	GE 5.3-158	5,3	158,0	161,0
	04	WEA 03	502486	5933153	GE5.3-158	5,3	158,0	161,0
	05	WEA 04	502118	5932991	GE 5.3-158	5,3	158,0	161,0
	06	WEA 05	501968	5933356	GE 5.3-158	5,3	158,0	161,0
	07	WEA 06	501724	5933035	GE 5.3-158	5,3	158,0	161,0
	08	WEA 07	501506	5933371	GE 5.3-158	5,3	158,0	161,0
	09	WEA 08	501082	5933389	GE 5.3-158	5,3	158,0	161,0
	10	WEA 09	501297	5932997	ENERCON E-138 EP3 E2	4,2	138,3	160,0
	11	WEA 10	500708	5933262	ENERCON E-138 EP3 E2	4,2	138,3	160,0
	12	WEA 11	500948	5932867	ENERCON E-138 EP3 E2	4,2	138,3	160,0
	13	WEA 12	500577	5932963	ENERCON E-138 EP3 E2	4,2	138,3	160,0
	14	WEA A 1	503890	5934732	ENERCON E-40/5.40	0,5	40,3	65,0
	15	WEA A 2	503874	5934437	ENERCON E-40/5.40	0,5	40,3	65,0
	16	WEA A 3	503860	5934226	ENERCON E-40/5.40	0,5	40,3	65,0
	17*)	WEA A 4	503607	5934323	Tacke TW 600	0,6	46,0	50,0
	18*)	WEA A 5	503554	5934008	Tacke TW 600	0,6	46,0	50,0
	19*)	WEA A 6	503541	5933818	Tacke TW 600	0,6	46,0	50,0
	20	WEA A 7	503631	5934587	ENERCON E-101	3,0	101,0	99,0
	21	BWEA 1	499993	5933806	ENERCON E-40/6.44	0,6	44,0	50,0
	22	BWEA 2	500131	5933628	ENERCON E-40/6.44	0,6	44,0	50,0
	23*)	BWEA 4	500364	5932690	ENERCON E-48	0,8	48,0	64,6
	24	BWEA 5	500161	5932619	ENERCON E-40/6.44	0,6	44,0	50,0
	25	BWEA 6	500033	5932484	ENERCON E-40/6.44	0,6	44,0	50,0

Lfd. WEA- Nr.	WEA- Bezeich- nung	Koordinaten [m]		WEA-Typ	P _{Nenn} [MW]	D [m]	NH [m]
		Rechts- wert	Hoch- wert				
 26	BWEA 7	499905	5932350	ENERCON E-40/6.44	0,6	44,0	50,0
 27	WEA K01	497179	5933250	ENERCON E-101	3,0	101,0	149,0
 28	WEA K02	496913	5932987	ENERCON E-101	3,0	101,0	149,0
 29	WEA K03	497579	5933018	ENERCON E-101	3,0	101,0	149,0
 30	WEA K04	496987	5932670	ENERCON E-101	3,0	101,0	149,0
 31	WEA K05	497541	5932563	ENERCON E-101	3,0	101,0	149,0
 32	WEA K06	496604	5932537	ENERCON E-101	3,0	101,0	149,0
 33	WEA K08	496858	5932258	ENERCON E-101	3,0	101,0	149,0
 34	WEA K09	495929	5932209	ENERCON E-101	3,0	101,0	149,0
 35	WEA K10	497900	5932203	ENERCON E-101	3,0	101,0	149,0
 36	WEA K11	498332	5932175	ENERCON E-101	3,0	101,0	149,0
 37	WEA K12	496281	5931995	ENERCON E-101	3,0	101,0	149,0
 38	WEA K13	497441	5931985	ENERCON E-101	3,0	101,0	149,0
 39	WEA K14	495891	5931847	ENERCON E-101	3,0	101,0	149,0
 40	WEA K15	497855	5931837	ENERCON E-101	3,0	101,0	149,0
 41	WEA K18	497280	5931567	ENERCON E-101	3,0	101,0	149,0
 42	WEA K19	497677	5931459	ENERCON E-101	3,0	101,0	149,0

Tabelle 1: Windparkkonfiguration (Koordinatensystem: UTM, ETRS89, Zone 32) /4/. *) WEA zurückgebaut.

Die Lage der geplanten WEA im Windpark Ebersdorf-Alfstedt sowie der zu berücksichtigenden Vorbelastung ist in Abbildung 1 dargestellt. Die WEA 17 bis 19 sowie 23 waren zum Zeitpunkt der durchgeführten Standortbesichtigung bereits zurückgebaut und wurden folglich im weiteren Verlauf nicht berücksichtigt.



Abbildung 1: Lage der WEA im Windpark Ebersdorf-Alfstedt und der zu berücksichtigenden Vorbelastung (Übersicht), Symbole und Beschriftungen aus /2/, Luftbild aus /5/.

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 Ebersdorf-Alfstedt geplanten WEA sowohl bzgl. der täglichen Beschattungsdauer in Minuten (Abbildung 2), als auch bzgl. der jährlichen Beschattungsdauer in Stunden (Abbildung 3) dargestellt.



Abbildung 2: Einwirkungsbereich der am Standort Gremshiem geplanten WEA. **türkisfarbene Linie:** 0 Stunden pro Jahr; **magentafarbene Linie:** 30 Stunden pro Jahr. Schattenlinien aus /2/, Luftbild aus /5/.



Abbildung 3: Einwirkungsbereich der am Standort Gremshiem geplanten WEA. **türkisfarbene Linie:** 0 Minuten pro Tag; **magentafarbene Linie:** 30 Minuten pro Tag. Schattenlinien aus /2/, Luftbild aus /5/.

Als IP werden für die Schattenimmission acht relevante Standorte berücksichtigt (siehe Tabelle 2 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Die Lage der IP wurde vom Auftragnehmer auf Grundlage des ermittelten Einwirkbereiches der geplanten WEA angenommen, mit den Erkenntnissen aus der Standortbesichtigung und mit Hilfe von topografischen Karten /3/ sowie Geodaten /4/ und Luftbildern /5/ 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 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**

IP	Postalische Bezeichnung	Koordinaten	
		Rechts	Hoch
01	Alfstedt, Neulandweg 1A	503089	5934077
02	Alfstedt, Teelstraße 34	503258	5933918
03	Alfstedt, Heidtrift 1	503418	5932633
04	Ebersdorf, Höpen 39	503310	5931980
05	Ebersdorf, Höpen 2	503426	5931685
06	Ebersdorf, Höpen 41	503327	5931888
07	Ebersdorf, Höpen 37	503548	5931850
08	Ebersdorf, Eichenweg 1	500662	5931779

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

Um Schattenwurf aus allen Richtungen zu erfassen, werden die IP 01 bis 08 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-überschreitung	Schatten Std./Jahr	Max. Schatten Std./Tag	Richtwert-überschreitung	Schatten Std./Jahr	Max. Schatten Std./Tag	Richtwert-überschreitung
IP 01	105:49	01:01	Ja	00:00	00:00	Nein	105:49	01:01	Ja
IP 02	92:28	00:58	Ja	00:00	00:00	Nein	92:28	00:58	Ja
IP 03	101:54	01:01	Ja	07:50	00:22	Nein	109:37	01:01	Ja
IP 04	27:14	00:32	Ja	10:57	00:23	Nein	28:44	00:36	Ja
IP 05	27:18	00:28	Nein	00:00	00:00	Nein	27:18	00:28	Nein
IP 06	36:38	00:32	Ja	11:39	00:23	Nein	37:33	00:32	Ja
IP 07	16:36	00:26	Nein	00:00	00:00	Nein	16:36	00:26	Nein
IP 08	12:18	00:23	Nein	00:00	00:00	Nein	12:18	00:23	Nein

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

An den IP 01 bis 04 und 06 kommt es zu einer Überschreitung der Richtwerte.

Alle Überschreitungen sind auf die vorhandene Vorbelastung zurückzuführen.

Am IP 03, 04 und 06 wird die vorhandene Überschreitung durch die Zusatzbelastung verstärkt.

4 Zusammenfassung und Bewertung

Im Rahmen der Errichtung von einer Windenergieanlage (WEA) vom Typ Nordex N163 6.X STE, 6,8 MW (WEA 01) mit 164,0 m Nabenhöhe (NH) und 163,0 m Rotordurchmesser (D) am Standort Ebersdorf-Alfstedt (Niedersachsen) ist die TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG von der Ebersdorfer Bioenergie GmbH & Co. KG mit der Durchführung einer Schattenwurfprognose beauftragt worden. Als Vorbelastung sind 41 bestehende WEA (WEA 02 bis 42) in der Umgebung der geplanten WEA zu berücksichtigen /7/.

Mit Bezug auf den in /1/ genannten Bewertungskriterien liegt die Gesamtbelastung ohne schattenreduzierende Maßnahmen an den IP 01 bis 04 und 06 über dem Richtwert von 30 Stunden pro Jahr bzw. 30 Minuten pro Tag.

Alle Überschreitungen sind auf die vorhandene Vorbelastung zurückzuführen.

Am IP 03, 04 und 06 wird die vorhandene Überschreitung durch die Zusatzbelastung verstärkt.

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 urheberrechtsfähigen 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 06.10.2021
- /5/ Google Inc.; Google Earth Pro; (www.google.de/earth), Version 7.3.4, 2021, USA, 2021
- /6/ Ebersdorfer Bioenergie GmbH & Co. KG; Angaben zu den WEA-Spezifikationen der geplanten WEA mit Koordinaten und Lageplan; Übermittelt durch Ebersdorfer Bioenergie GmbH & Co. KG mit E-Mail vom 29.07.2021, 30.08.2021 und 04.02.2022
- /7/ IEL GmbH; Schalltechnisches Gutachten für die Errichtung und den Betrieb von Windenergieanlagen am Standort Alfstedt; Bericht-Nr. 4245-19-L2; Aurich, 05.07.2019; Download von uvp.niedersachsen.de am 01.09.2021

7 Anhang

7.1 Detaillierte Berechnungsergebnisse

Berechnungsergebnisse der Schattenwurfzeiten (SHADOW – Hauptergebnis)

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

Projekt:
2021-08-20 Ebersdorf-Alfstedt - Erneuerbare Energiewerke SH

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

Berechnet:
 09.02.2022 16:44/3.5.576

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			Typ	Nennleistung	Rotor-durch-messer	Naben-höhe	Schattendaten	
					Ak-tu-ell	Hersteller						Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]	
WEA 02	502.202	5.932.417	6,5	GE WIND EN...	Nein	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	1.816	0,0	
WEA 03	502.433	5.932.740	6,8	GE WIND EN...	Nein	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	1.816	0,0	
WEA 04	502.486	5.933.153	0,0	GE WIND EN...	Nein	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	1.816	0,0	
WEA 05	502.118	5.932.991	0,8	GE WIND EN...	Nein	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	1.816	0,0	
WEA 06	501.968	5.933.356	0,0	GE WIND EN...	Nein	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	1.816	0,0	
WEA 07	501.724	5.933.035	0,0	GE WIND EN...	Nein	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	1.816	0,0	
WEA 08	501.506	5.933.371	0,0	GE WIND EN...	Nein	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	1.816	0,0	
WEA 09	501.082	5.933.389	1,5	GE WIND EN...	Nein	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	1.816	0,0	
WEA 10	501.297	5.932.997	0,0	ENERCON E-...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0	
WEA 11	500.708	5.933.262	2,5	ENERCON E-...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0	
WEA 12	500.948	5.932.867	4,5	ENERCON E-...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0	
WEA 13	500.577	5.932.963	4,4	ENERCON E-...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0	
WEA 14	503.890	5.934.732	0,0	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-40/5.40-500	500	40,3	65,0	897	38,0	
WEA 15	503.874	5.934.437	4,3	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-40/5.40-500	500	40,3	65,0	897	38,0	
WEA 16	503.860	5.934.226	7,3	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-40/5.40-500	500	40,3	65,0	897	38,0	
WEA 20	503.631	5.934.587	2,1	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	99,0	2.216	14,5	
WEA 21	499.993	5.933.806	3,6	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-40/6.44-600	600	44,0	50,0	837	34,5	
WEA 22	500.131	5.933.628	4,3	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-40/6.44-600	600	44,0	50,0	837	34,5	
WEA 24	500.161	5.932.619	9,2	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-40/6.44-600	600	44,0	50,0	837	34,5	
WEA 25	500.033	5.932.484	10,0	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-40/6.44-600	600	44,0	50,0	837	34,5	
WEA 26	499.905	5.932.350	10,0	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-40/6.44-600	600	44,0	50,0	837	34,5	
WEA 27	497.179	5.933.250	10,0	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5	
WEA 28	496.913	5.932.987	10,0	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5	
WEA 29	497.579	5.933.018	9,7	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5	
WEA 30	496.987	5.932.670	10,0	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5	
WEA 31	497.541	5.932.563	10,0	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5	
WEA 32	496.604	5.932.537	10,0	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5	
WEA 33	496.858	5.932.258	10,0	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5	
WEA 34	495.929	5.932.209	10,0	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5	
WEA 35	497.900	5.932.203	10,0	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5	
WEA 36	498.332	5.932.175	10,0	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5	
WEA 37	496.281	5.931.995	10,0	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5	
WEA 38	497.441	5.931.985	10,0	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5	
WEA 39	495.891	5.931.847	10,0	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5	
WEA 40	497.855	5.931.837	10,0	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5	
WEA 41	497.280	5.931.567	10,0	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5	
WEA 42	497.677	5.931.459	10,0	ENERCON E-...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5	

Projekt:
2021-08-20 Ebersdorf-Alfstedt - Erneuerbare Energiewerke SH

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

Berechnet:
 09.02.2022 16:44/3.5.576

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: VB

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	503.089	5.934.077	1,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 02	503.258	5.933.918	3,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 03	503.418	5.932.633	10,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 04	503.310	5.931.980	20,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 05	503.426	5.931.685	14,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 06	503.327	5.931.888	16,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 07	503.548	5.931.850	22,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 08	500.662	5.931.779	10,0	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	105:49	180	1:01
IP 02	92:28	189	0:58
IP 03	101:54	192	1:01
IP 04	27:14	66	0:32
IP 05	27:18	67	0:28
IP 06	36:38	92	0:32
IP 07	16:36	51	0:26
IP 08	12:18	42	0:23

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal [h/a]
WEA 02	GE WIND ENERGY 5.5-158 Thrust 700 5500 158.0 !O! NH: 161,0 m (Ges:240,0 m) (69)	103:41
WEA 03	GE WIND ENERGY 5.5-158 Thrust 700 5500 158.0 !O! NH: 161,0 m (Ges:240,0 m) (70)	52:13
WEA 04	GE WIND ENERGY 5.5-158 Thrust 700 5500 158.0 !O! NH: 161,0 m (Ges:240,0 m) (71)	105:56
WEA 05	GE WIND ENERGY 5.5-158 Thrust 700 5500 158.0 !O! NH: 161,0 m (Ges:240,0 m) (72)	57:10
WEA 06	GE WIND ENERGY 5.5-158 Thrust 700 5500 158.0 !O! NH: 161,0 m (Ges:240,0 m) (73)	43:08
WEA 07	GE WIND ENERGY 5.5-158 Thrust 700 5500 158.0 !O! NH: 161,0 m (Ges:240,0 m) (74)	25:49
WEA 08	GE WIND ENERGY 5.5-158 Thrust 700 5500 158.0 !O! NH: 161,0 m (Ges:240,0 m) (75)	7:36
WEA 09	GE WIND ENERGY 5.5-158 Thrust 700 5500 158.0 !O! NH: 161,0 m (Ges:240,0 m) (76)	0:00
WEA 10	ENERCON E-138 EP3 E2 4200 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (77)	0:00
WEA 11	ENERCON E-138 EP3 E2 4200 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (78)	0:00
WEA 12	ENERCON E-138 EP3 E2 4200 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (79)	0:00
WEA 13	ENERCON E-138 EP3 E2 4200 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (80)	0:00
WEA 14	ENERCON E-40/5,40 500 40.3 !O! NH: 65,0 m (Ges:85,2 m) (81)	0:00
WEA 15	ENERCON E-40/5,40 500 40.3 !O! NH: 65,0 m (Ges:85,2 m) (82)	3:15
WEA 16	ENERCON E-40/5,40 500 40.3 !O! NH: 65,0 m (Ges:85,2 m) (83)	9:54
WEA 20	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 99,0 m (Ges:149,5 m) (87)	0:00
WEA 21	ENERCON E-40/6,44 600 44.0 !O! NH: 50,0 m (Ges:72,0 m) (88)	0:00
WEA 22	ENERCON E-40/6,44 600 44.0 !O! NH: 50,0 m (Ges:72,0 m) (89)	0:00
WEA 24	ENERCON E-40/6,44 600 44.0 !O! NH: 50,0 m (Ges:72,0 m) (91)	0:00
WEA 25	ENERCON E-40/6,44 600 44.0 !O! NH: 50,0 m (Ges:72,0 m) (92)	0:00
WEA 26	ENERCON E-40/6,44 600 44.0 !O! NH: 50,0 m (Ges:72,0 m) (93)	0:00
WEA 27	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (94)	0:00
WEA 28	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (95)	0:00
WEA 29	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (96)	0:00
WEA 30	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (97)	0:00
WEA 31	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (98)	0:00
WEA 32	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (99)	0:00
WEA 33	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (100)	0:00
WEA 34	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (101)	0:00
WEA 35	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (102)	0:00
WEA 36	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (103)	0:00
WEA 37	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (104)	0:00
WEA 38	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (105)	0:00
WEA 39	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (106)	0:00
WEA 40	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (107)	0:00
WEA 41	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (108)	0:00
WEA 42	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (109)	0:00

Projekt:
2021-08-20 Ebersdorf-Alfstedt - Erneuerbare Energiewerke SH

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

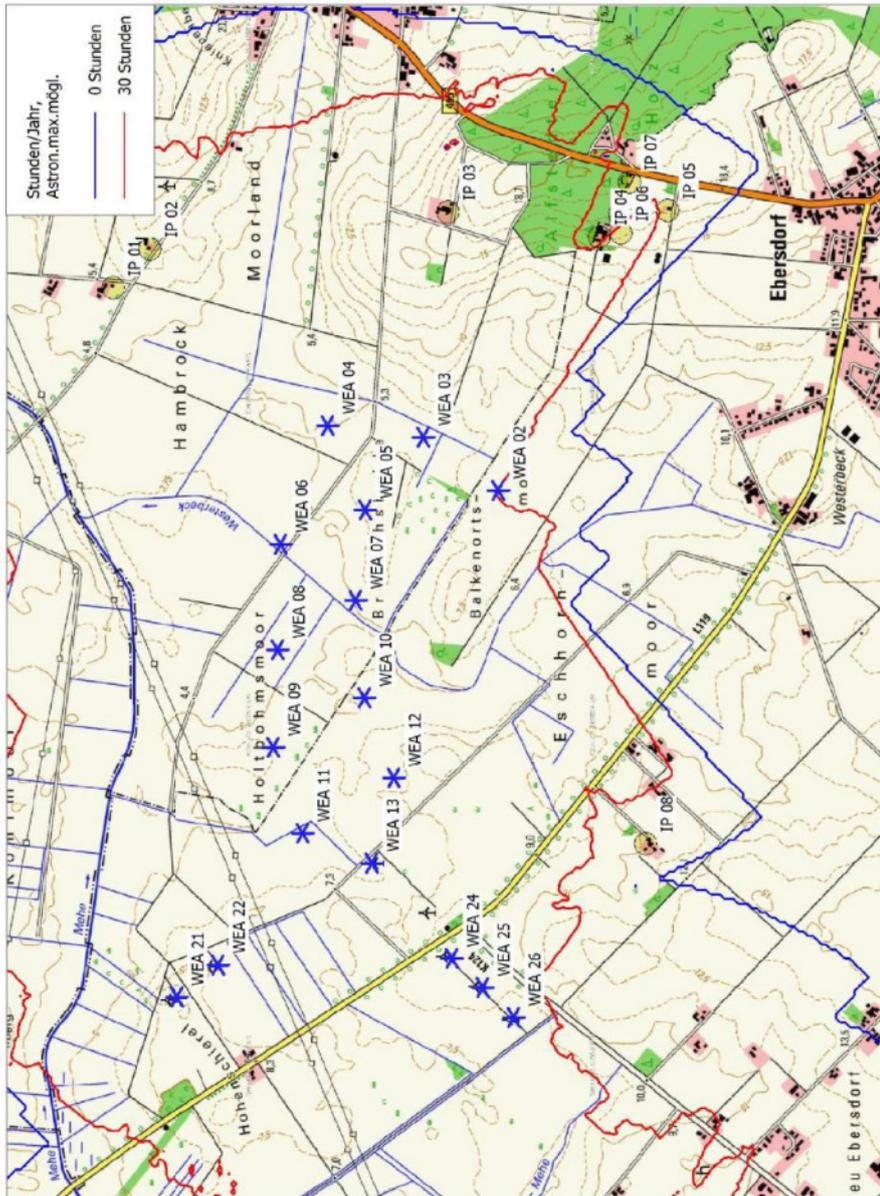
Berechnet:
09.02.2022 16:44/3.5.576

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: VB

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:
**2021-08-20 Ebersdorf-Alfstedt -
 Erneuerbare Energiewerke SH**



Stunden/Jahr,
 Astron.max.mögl.
 0 Stunden
 30 Stunden

Karte: Ebersdorf TK25, Maßstab 1:25.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 501.718 Nord: 5.932.638
 Schattenrezeptor
 Höhe der Schattenkarte: Höhenlinien: CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo (1)
 Zeitschritt: 3 Minuten, Schrittweite: 7 Tag(e), Kartenauflosung: 20 m, Sichtbarkeit Auflösung: 10 m, Augenhöhe: 1,5 m



- * Existierende WEA

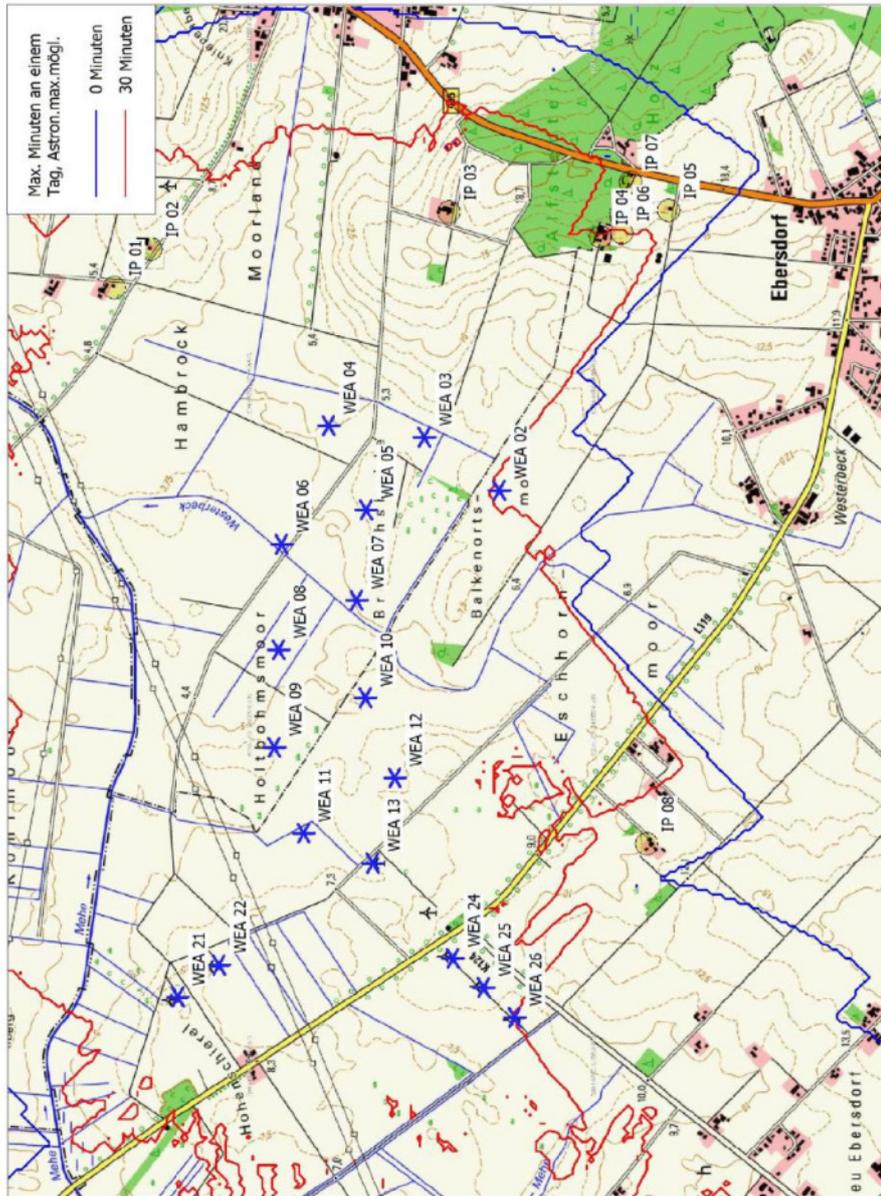
**SHADOW -
 Karte
 Berechnung:
 VB**

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

Berechnung:
 09.02.2022 16:44/3.5.576

10.02.2022 12:01 / 1

Projekt:
**2021-08-20 Ebersdorf-Alfstedt -
 Erneuerbare Energiewerke SH**



**SHADOW -
 Karte
 Berechnung:
 VB**

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

Berechnungszeit:
 09.02.2022 16:44/3.5.576

10.02.2022 12:02 / 1



* Existierende WEA
 * Schattenrezeptor
 Karte: Ebersdorf TK25, Maßstab 1:25.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 501.718 Nord: 5.932.638
 Höhe der Schattenkarte: Höhenlinien: CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo (1)
 Zeitschritt: 3 Minuten, Schrittweite: 7 Tag(e), Kartenauflosung: 20 m, Sichtbarkeit Auflösung: 10 m, Augenhöhe: 1,5 m

windPRO 3.5.576 by END International AIS, Tel. +45 69 16 48 50, www.emd-international.com, windpro@emd.dk

Projekt:
2021-08-20 Ebersdorf-Alfstedt - Erneuerbare Energiewerke SH

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

Berechnet:
 09.02.2022 16:57/3.5.576

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: ZB Var5

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
WEA 01 Var5	501.718	5.932.638	3,0	NORDEX N163/6.X 6800...	Ja	NORDEX	N163/6.X-6.800	6.800 [kW]	163,0 [m]	164,0 [m]	1.784 [m]	10,7 [U/min]

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
IP 01	503.089	5.934.077	1,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 02	503.258	5.933.918	3,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 03	503.418	5.932.633	10,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 04	503.310	5.931.980	20,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 05	503.426	5.931.685	14,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 06	503.327	5.931.888	16,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 07	503.548	5.931.850	22,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 08	500.662	5.931.779	10,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0

Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

astron. max. mögl. Beschattungsdauer

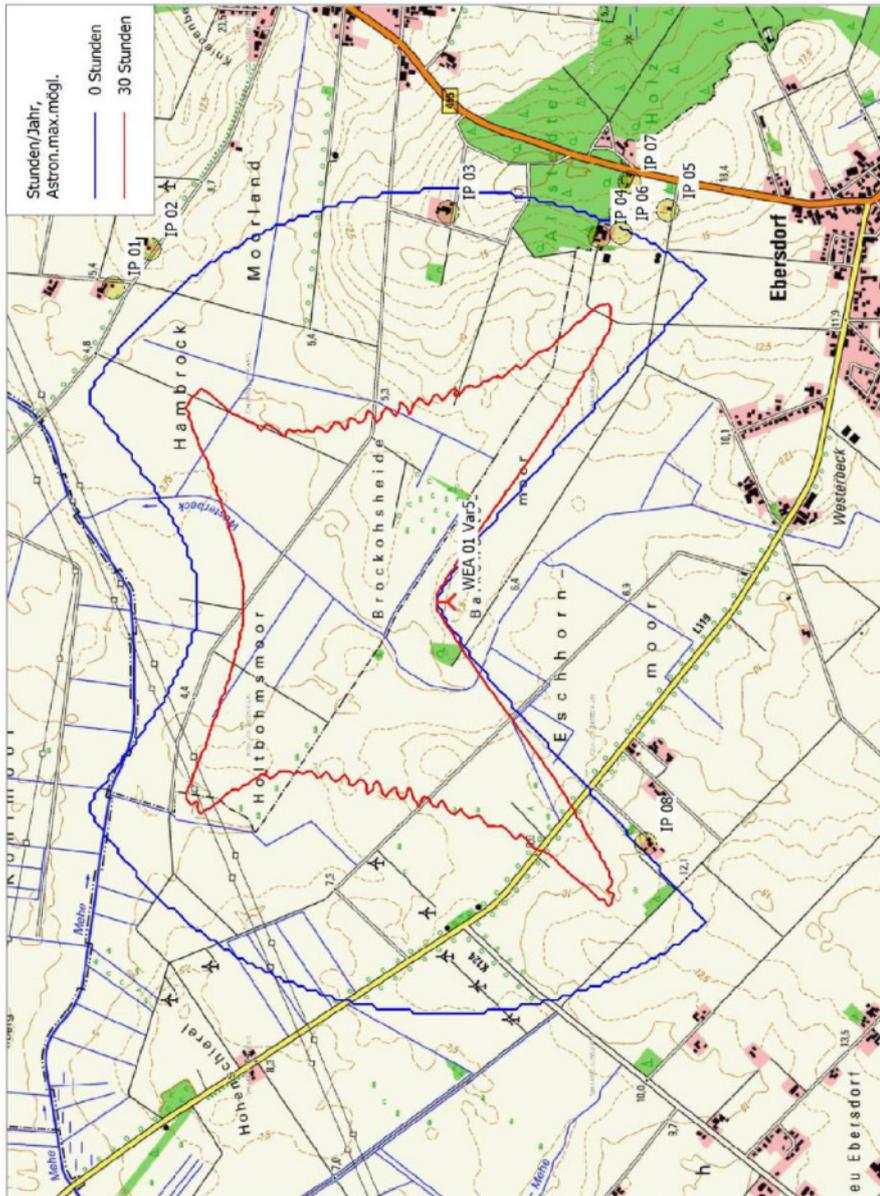
Nr.	Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr	Max.Schattendauer/Tag
	[h/a]	[d/a]	[h/d]
IP 01	0:00	0	0:00
IP 02	0:00	0	0:00
IP 03	7:50	28	0:22
IP 04	10:57	40	0:23
IP 05	0:00	0	0:00
IP 06	11:39	44	0:23
IP 07	0:00	0	0:00
IP 08	0:00	0	0:00

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal [h/a]
WEA 01	Var5 NORDEX N163/6.X 6800 163.0 !O! NH: 164,0 m (Ges:245,5 m) (6)	25:25

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:
**2021-08-20 Ebersdorf-Alfstedt -
 Erneuerbare Energiewerke SH**



**SHADOW -
 Karte
 Berechnung:
 ZB Var5**

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

Berechnungszeitpunkt:
 09.02.2022 16:57/3.5.576

10.02.2022 12:04 / 1

Karte: Ebersdorf TK25, Maßstab 1:25.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 501.718 Nord: 5.932.638
 Schattenrezeptor
 Höhe der Schattenkarte: Höhenlinien: CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo (1)
 Zeitschritt: 3 Minuten, Schrittweite: 7 Tag(e), Kartenauflosung: 20 m, Sichtbarkeit Auflösung: 10 m, Augenhöhe: 1,5 m

Neue WEA

Projekt:
**2021-08-20 Ebersdorf-Alfstedt -
 Erneuerbare Energiewerke SH**

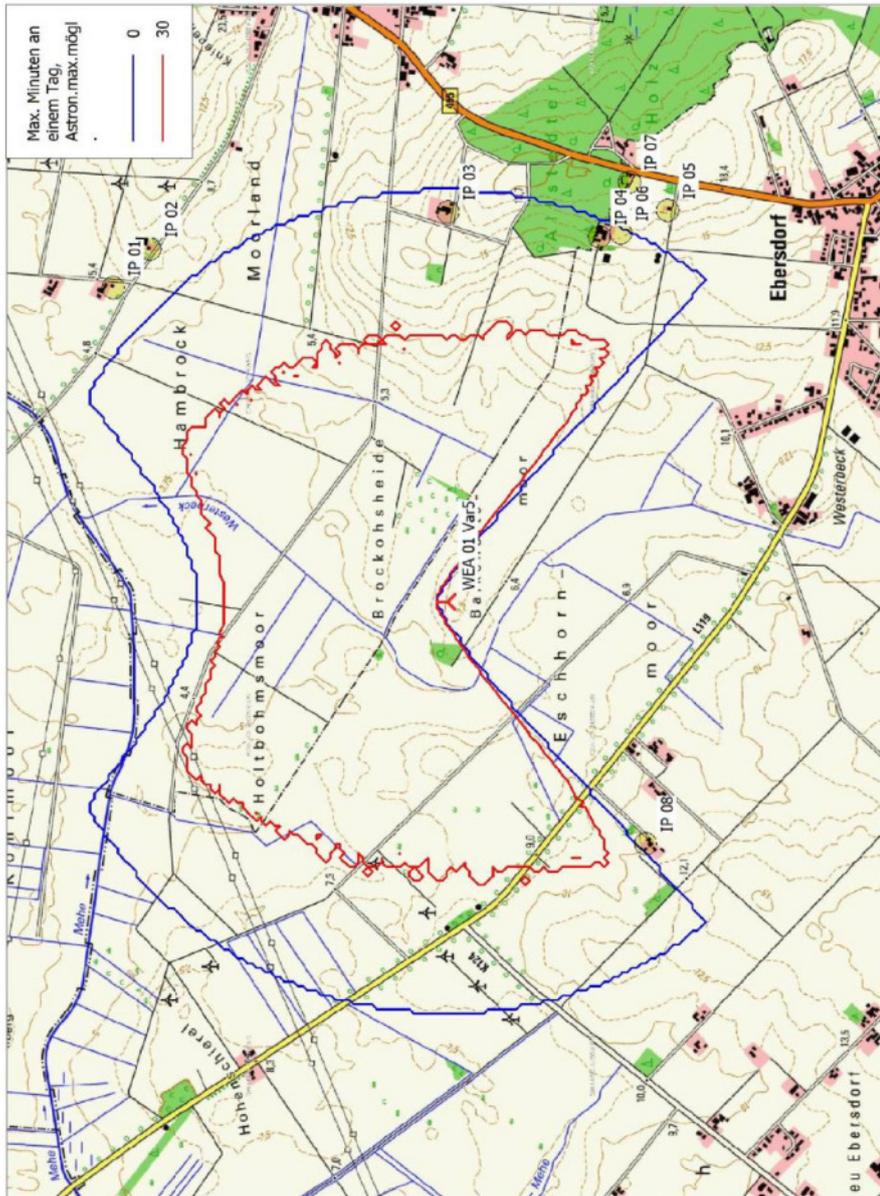
**SHADOW -
 Karte
 Berechnung:
 ZB Var5**

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

Berechnungszeitpunkt:
 09.02.2022 16:57/3.5.576



30.03.2022 14:47 / 1



Karte: Ebersdorf TK25, Maßstab 1:25.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 501.718 Nord: 5.932.638
 Schattenrezeptor

Höhe der Schattenkarte: Höhenlinien: CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo (1)
 Zeitschritt: 3 Minuten, Schrittweite: 7 Tag(e), Kartenauflosung: 20 m, Sichtbarkeit Auflösung: 10 m, Augenhöhe: 1,5 m

Neue WEA

Projekt:
2021-08-20 Ebersdorf-Alfstedt - Erneuerbare Energiewerke SH

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

Berechnet:
 16.02.2022 18:00/3.5.576

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: GB Var5

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		Typ	Nenn- leistung	Rotor- durch- messer	Naben- höhe	Schattendaten	
					Ak- tu- ell	Hersteller					Beschatt.- Bereich	U/min
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]
WEA 01 Var5	501.718	5.932.638	3,0	NORDEX N16...	Ja	NORDEX	N163/6.X-6.800	6.800	163,0	164,0	1.784	10,7
WEA 02	502.202	5.932.417	6,5	GE WIND EN...	Nein	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	1.816	0,0
WEA 03	502.433	5.932.740	6,8	GE WIND EN...	Nein	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	1.816	0,0
WEA 04	502.486	5.933.153	0,0	GE WIND EN...	Nein	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	1.816	0,0
WEA 05	502.118	5.932.991	0,8	GE WIND EN...	Nein	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	1.816	0,0
WEA 06	501.968	5.933.356	0,0	GE WIND EN...	Nein	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	1.816	0,0
WEA 07	501.724	5.933.035	0,0	GE WIND EN...	Nein	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	1.816	0,0
WEA 08	501.506	5.933.371	0,0	GE WIND EN...	Nein	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	1.816	0,0
WEA 09	501.082	5.933.389	1,5	GE WIND EN...	Nein	GE WIND ENERGY	5.5-158 Thrust 700-5.500	5.500	158,0	161,0	1.816	0,0
WEA 10	501.297	5.932.997	0,0	ENERCON E-1...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
WEA 11	500.708	5.933.262	2,5	ENERCON E-1...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
WEA 12	500.948	5.932.867	4,5	ENERCON E-1...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
WEA 13	500.577	5.932.963	4,4	ENERCON E-1...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
WEA 14	503.890	5.934.732	0,0	ENERCON E-4...	Nein	ENERCON	E-40/5.40-500	500	40,3	65,0	897	38,0
WEA 15	503.874	5.934.437	4,3	ENERCON E-4...	Nein	ENERCON	E-40/5.40-500	500	40,3	65,0	897	38,0
WEA 16	503.860	5.934.226	7,3	ENERCON E-4...	Nein	ENERCON	E-40/5.40-500	500	40,3	65,0	897	38,0
WEA 20	503.631	5.934.587	2,1	ENERCON E-1...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	99,0	2.216	14,5
WEA 21	499.993	5.933.806	3,6	ENERCON E-4...	Nein	ENERCON	E-40/6.44-600	600	44,0	50,0	837	34,5
WEA 22	500.131	5.933.628	4,3	ENERCON E-4...	Nein	ENERCON	E-40/6.44-600	600	44,0	50,0	837	34,5
WEA 24	500.161	5.932.619	9,2	ENERCON E-4...	Nein	ENERCON	E-40/6.44-600	600	44,0	50,0	837	34,5
WEA 25	500.033	5.932.484	10,0	ENERCON E-4...	Nein	ENERCON	E-40/6.44-600	600	44,0	50,0	837	34,5
WEA 26	499.905	5.932.350	10,0	ENERCON E-4...	Nein	ENERCON	E-40/6.44-600	600	44,0	50,0	837	34,5
WEA 27	497.179	5.933.250	10,0	ENERCON E-1...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5
WEA 28	496.913	5.932.987	10,0	ENERCON E-1...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5
WEA 29	497.579	5.933.018	9,7	ENERCON E-1...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5
WEA 30	496.987	5.932.670	10,0	ENERCON E-1...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5
WEA 31	497.541	5.932.563	10,0	ENERCON E-1...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5
WEA 32	496.604	5.932.537	10,0	ENERCON E-1...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5
WEA 33	496.858	5.932.258	10,0	ENERCON E-1...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5
WEA 34	495.929	5.932.209	10,0	ENERCON E-1...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5
WEA 35	497.900	5.932.203	10,0	ENERCON E-1...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5
WEA 36	498.332	5.932.175	10,0	ENERCON E-1...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5
WEA 37	496.281	5.931.995	10,0	ENERCON E-1...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5
WEA 38	497.441	5.931.985	10,0	ENERCON E-1...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5
WEA 39	495.891	5.931.847	10,0	ENERCON E-1...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5
WEA 40	497.855	5.931.837	10,0	ENERCON E-1...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5
WEA 41	497.280	5.931.567	10,0	ENERCON E-1...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5
WEA 42	497.677	5.931.459	10,0	ENERCON E-1...	Nein	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	149,0	2.213	14,5

Projekt:
2021-08-20 Ebersdorf-Alfstedt - Erneuerbare Energiewerke SH

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

Berechnet:
 16.02.2022 18:00/3.5.576

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: GB Var5

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
IP 01	503.089	5.934.077	1,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 02	503.258	5.933.918	3,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 03	503.418	5.932.633	10,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 04	503.310	5.931.980	20,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 05	503.426	5.931.685	14,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 06	503.327	5.931.888	16,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 07	503.548	5.931.850	22,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 08	500.662	5.931.779	10,0	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	105:49	180	1:01
IP 02	92:28	189	0:58
IP 03	109:37	206	1:01
IP 04	28:44	66	0:36
IP 05	27:18	67	0:28
IP 06	37:33	96	0:32
IP 07	16:36	51	0:26
IP 08	12:18	42	0:23

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal [h/a]
WEA 01	Var5 NORDEX N163/6.X 6800 163.0 IO! NH: 164,0 m (Ges:245,5 m) (6)	25:25
WEA 02	GE WIND ENERGY 5.5-158 Thrust 700 5500 158.0 IO! NH: 161,0 m (Ges:240,0 m) (69)	103:41
WEA 03	GE WIND ENERGY 5.5-158 Thrust 700 5500 158.0 IO! NH: 161,0 m (Ges:240,0 m) (70)	52:13
WEA 04	GE WIND ENERGY 5.5-158 Thrust 700 5500 158.0 IO! NH: 161,0 m (Ges:240,0 m) (71)	105:56
WEA 05	GE WIND ENERGY 5.5-158 Thrust 700 5500 158.0 IO! NH: 161,0 m (Ges:240,0 m) (72)	57:10
WEA 06	GE WIND ENERGY 5.5-158 Thrust 700 5500 158.0 IO! NH: 161,0 m (Ges:240,0 m) (73)	43:08
WEA 07	GE WIND ENERGY 5.5-158 Thrust 700 5500 158.0 IO! NH: 161,0 m (Ges:240,0 m) (74)	25:49
WEA 08	GE WIND ENERGY 5.5-158 Thrust 700 5500 158.0 IO! NH: 161,0 m (Ges:240,0 m) (75)	7:36
WEA 09	GE WIND ENERGY 5.5-158 Thrust 700 5500 158.0 IO! NH: 161,0 m (Ges:240,0 m) (76)	0:00
WEA 10	ENERCON E-138 EP3 E2 4200 138.3 IO! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (77)	0:00
WEA 11	ENERCON E-138 EP3 E2 4200 138.3 IO! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (78)	0:00
WEA 12	ENERCON E-138 EP3 E2 4200 138.3 IO! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (79)	0:00
WEA 13	ENERCON E-138 EP3 E2 4200 138.3 IO! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (80)	0:00
WEA 14	ENERCON E-40/5.40 500 40.3 IO! NH: 65,0 m (Ges:85,2 m) (81)	0:00
WEA 15	ENERCON E-40/5.40 500 40.3 IO! NH: 65,0 m (Ges:85,2 m) (82)	3:15
WEA 16	ENERCON E-40/5.40 500 40.3 IO! NH: 65,0 m (Ges:85,2 m) (83)	9:54
WEA 20	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 99,0 m (Ges:149,5 m) (87)	0:00
WEA 21	ENERCON E-40/6.44 600 44.0 IO! NH: 50,0 m (Ges:72,0 m) (88)	0:00
WEA 22	ENERCON E-40/6.44 600 44.0 IO! NH: 50,0 m (Ges:72,0 m) (89)	0:00
WEA 24	ENERCON E-40/6.44 600 44.0 IO! NH: 50,0 m (Ges:72,0 m) (91)	0:00
WEA 25	ENERCON E-40/6.44 600 44.0 IO! NH: 50,0 m (Ges:72,0 m) (92)	0:00
WEA 26	ENERCON E-40/6.44 600 44.0 IO! NH: 50,0 m (Ges:72,0 m) (93)	0:00
WEA 27	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (94)	0:00
WEA 28	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (95)	0:00
WEA 29	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (96)	0:00
WEA 30	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (97)	0:00
WEA 31	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (98)	0:00
WEA 32	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (99)	0:00
WEA 33	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (100)	0:00
WEA 34	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (101)	0:00
WEA 35	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (102)	0:00
WEA 36	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (103)	0:00
WEA 37	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (104)	0:00
WEA 38	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (105)	0:00
WEA 39	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (106)	0:00
WEA 40	ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (107)	0:00

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:
2021-08-20 Ebersdorf-Alfstedt - Erneuerbare Energiewerke SH

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

Berechnet:
16.02.2022 18:00/3.5.576

SHADOW - Hauptergebnis

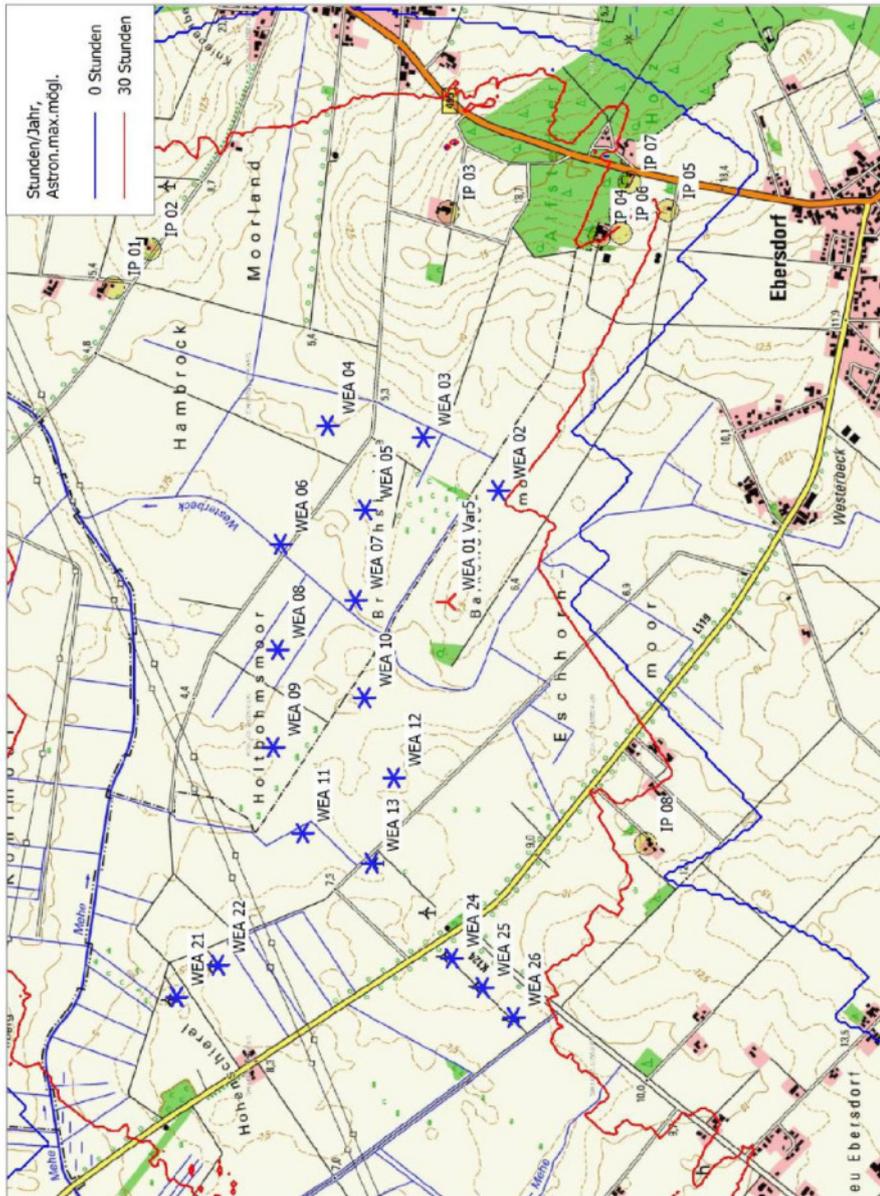
Berechnung: GB Var5

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

Nr.	Name	Maximal [h/a]
	WEA 41 ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (108)	0:00
	WEA 42 ENERCON E-101 3000 101.0 !-! NH: 149,0 m (Ges:199,5 m) (109)	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.

Projekt:
**2021-08-20 Ebersdorf-Alfstedt -
 Erneuerbare Energiewerke SH**



0 250 500 750 1000m
 Karte: Ebersdorf TK25, Maßstab 1:25.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 501.718 Nord: 5.932.638
 * Existierende WEA Schattenrezeptor
 Höhe der Schattenkarte: Höhenlinien: CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo (1)
 Zeitschritt: 3 Minuten, Schrittweite: 7 Tag(e), Kartenauflosung: 20 m, Sichtbarkeit Auflösung: 10 m, Augenhöhe: 1,5 m

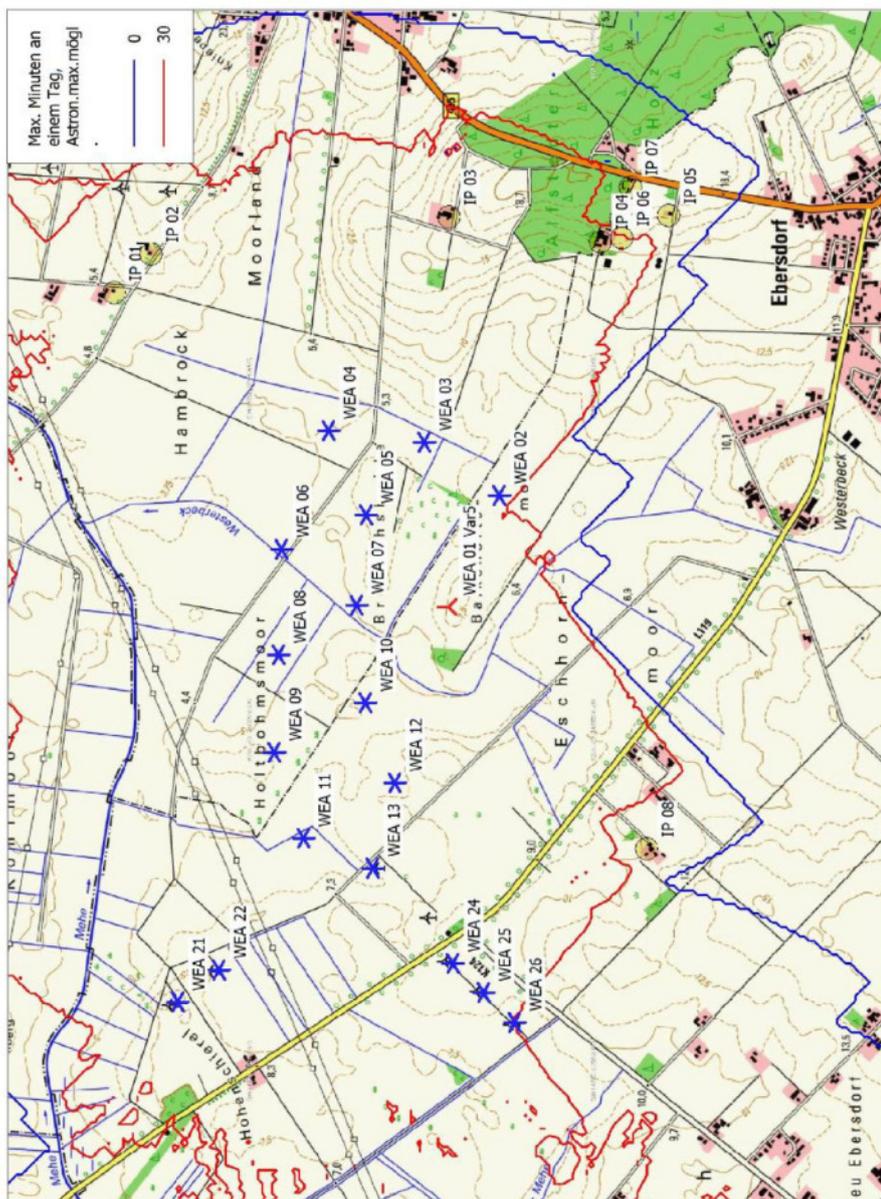
**SHADOW -
 Karte
 Berechnung:
 GB Var5**

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

Berechnung:
 16.02.2022 18:00/3.5.576

16.02.2022 18:17 / 1

Projekt:
**2021-08-20 Ebersdorf-Alfstedt -
 Erneuerbare Energiewerke SH**



**SHADOW -
 Karte
 Berechnung:
 GB Var5**

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

Berechnungszeit:
 16.02.2022 18:00/3.5.576



16.02.2022 18:20 / 1

0 250 500 750 1000m
 Karte: Ebersdorf TK25, Maßstab 1:25.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 501.718 Nord: 5.932.638
 * Existierende WEA * Schattenrezeptor
 Höhe der Schattenkarte: Höhenlinien: CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo (1)
 Zeitschritt: 3 Minuten, Schrittweite: 7 Tag(e), Kartenauflosung: 20 m, Sichtbarkeit Auflösung: 10 m, Augenhöhe: 1,5 m

▲ Neue WEA

7.2 Lageplan der Immissionspunkte



Abbildung 4: Lage der IP 01 und 02, Symbole und Beschriftungen aus /2/, Luftbild aus /5/



Abbildung 5: Lage der IP 03 bis 07, Symbole und Beschriftungen aus /2/, Luftbild aus /5/



Abbildung 6: Lage des IP 08, Symbole und Beschriftungen aus /2/, Luftbild aus /5/

Allgemeine Dokumentation

Schattenwurfmodul

Rev. 06/01.04.2021

Dokumentennr.:	K0815_051312_DE
Status:	Released
Sprache:	DE-Deutsch
Vertraulichkeit:	Nordex Internal Purpose

- Originaldokument -

Dokument wird elektronisch verteilt.

Original mit Unterschriften bei Nordex Energy SE & Co. KG, Department Engineering.

Dieses Dokument, einschließlich jeglicher Darstellung des Dokuments im Ganzen oder in Teilen, ist geistiges Eigentum der Nordex Energy SE & Co. KG. Sämtliche in diesem Dokument enthaltenen Informationen sind ausschließlich für Mitarbeiter und Mitarbeiter von Partner- und Subunternehmen der Nordex Energy SE & Co. KG, der Nordex SE und ihrer im Sinne der §§15ff AktG verbundenen Unternehmen bestimmt und dürfen nicht (auch nicht in Auszügen) an Dritte weitergegeben werden.

Alle Rechte vorbehalten.

Jegliche Weitergabe, Vervielfältigung, Übersetzung oder sonstige Verwendung dieses Dokuments oder von Teilen desselben, gleich ob in gedruckter, handschriftlicher, elektronischer oder sonstiger Form, ohne ausdrückliche Zustimmung durch die Nordex Energy SE & Co. KG ist untersagt.

© 2021 Nordex Energy SE & Co. KG, Hamburg

Anschrift des Herstellers im Sinne der Maschinenrichtlinie:

Nordex Energy SE & Co. KG
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg
Deutschland

Tel: +49 (0)40 300 30 - 1000

Fax: +49 (0)40 300 30 - 1101

info@nordex-online.com

<http://www.nordex-online.com>

Gültigkeit

Anlagengeneration	Produktreihe	Produkt
Gamma	K08 Gamma	N90/2500 N100/2500 N117/2400
Delta	K08 Delta	N100/3300 N117/3000 N117/3000 controlled N117/3600 N131/3000 N131/3000 controlled N131/3300 N131/3600 N131/3900
Delta	Delta4000	N133/4.X, N149/4.X, N149/5.X, N163/5.X, N163/6.X

Inhalt

1.	Einleitung	5
2.	Schattenwurfüberwachung	5
3.	Funktionsweise	5
4.	Protokollierung	6
4.1	Konfiguration	6
4.2	Abschaltkalender	6
5.	Hardwarekomponenten	6
6.	Zentraleinheit	6
7.	Lichtsensor	7
8.	Schnittstelle zu den Windenergieanlagen.....	7

1. Einleitung

Der sich drehende Rotor einer Windenergieanlage verursacht bei Sonnenschein periodischen Schattenwurf. Dieser kann an umliegenden Gebäuden zu erheblichen Belästigungen führen und somit dazu beitragen, dass die Akzeptanz von Windenergieanlagen in der Bevölkerung beeinträchtigt wird. Um den Schutz der Anwohner von Windparks zu gewährleisten, werden durch die Immissionsschutzbehörden Auflagen erlassen, die die Schattenwurfdauer auf ein verträgliches Maß begrenzen. Dafür wird eine Überwachungseinrichtung gefordert, die bei Überschreitung der zulässigen Schattenwurfdauer die verursachende Windenergieanlage abschaltet. Das Schattenwurfmodul SWM-V4.0 bietet die technische Lösung zur Einhaltung der behördlichen Auflagen und protokolliert alle Schattenwurfereignisse in einer Logtabelle.

2. Schattenwurfüberwachung

Das Schattenwurfmodul SWM-V4.0 kann die Schattenwurfbelastung an bis zu 2000 Gebäuden (Immissionsorten) überwachen. Dabei können bis zu 100 Windenergieanlagen berücksichtigt werden. Für jedes Gebäude können eine tägliche und eine auf einen Jahreszeitraum bezogene zulässige Schattenwurfbelastung definiert werden. Bestimmte Wochentage (z. B. Samstag und Sonntag bei gewerblich genutzten Gebäuden) können bei der Schattenwurfüberwachung ausgeblendet werden. Bei der Überschreitung der maximal zulässigen Schattenwurfbelastung wird die verursachende Windenergieanlage für die Dauer des Schattenwurfs abgeschaltet. Alle Schattenwurfereignisse und Abschaltungen werden protokolliert.

3. Funktionsweise

Mit Hilfe eines Lichtsensors wird die Intensität des Sonnenlichtes in vier Richtungen gemessen. Auf Basis dieser Ergebnisse kann das Schattenwurfmodul beurteilen, ob bei den bestehenden Lichtverhältnissen grundsätzlich Schattenwurffeffekte auftreten können. Parallel dazu berechnet die Zentraleinheit fortwährend, ob eines der zu schützenden Gebäude aufgrund des aktuellen Sonnenstands vom Rotorschatten einer Windenergieanlage getroffen wird. Die Zentraleinheit prüft dabei, ob die Windenergieanlage überhaupt im Betrieb ist, und berücksichtigt, welche Position der Rotor zur Sonne hat. Wird an einem Gebäude eine Schattenwurfbelastung erkannt, werden die entsprechenden Tages- und Jahreszähler erhöht. Bei der Überschreitung der maximal zulässigen Schattenwurfbelastung wird die verursachende Windenergieanlage für die Dauer des Schattenwurfs abgeschaltet.

Die Windenergieanlage kann bei geringer Leistung auch abgeschaltet werden, obwohl noch keine Überschreitung der zulässigen Schattenwurfbelastung eingetreten ist. Dadurch kann das zur Verfügung stehende Jahresbudget für den leistungsstärkeren Betrieb der Windenergieanlage geschont werden. Die Leistungsgrenze, ab der eine vorzeitige Abschaltung erfolgen soll, kann für jede Windenergieanlage individuell eingestellt werden.

4. Protokollierung

4.1 Konfiguration

Die Konfiguration des Schattenwurfmoduls enthält alle projektspezifischen Daten. In ihr werden u. a. die Standorte und die Beschaffenheit der Windenergieanlagen und zu schützenden Gebäude hinterlegt und die maximal zulässige Beschattungsdauer definiert.

4.2 Abschaltkalender

Es kann ein Abschaltkalender generiert werden, um die Windenergieanlagen für einen bestimmten Zeitraum anzuhalten. Bei diesen Abschaltungen kann auch berücksichtigt werden, ob aufgrund der herrschenden Lichtverhältnisse Schattenwurf grundsätzlich möglich ist. Der Abschaltkalender kann bis zu 40000 Abschaltungen enthalten.

5. Hardwarekomponenten

Das Schattenwurfmodul SWM-V4.0 besteht aus einer Zentraleinheit und mindestens einem Lichtsensor, weitere sind möglich. Im Lichtsensor ist ein GPS-Modul integriert, welches für die Zeiterfassung und Positionsbestimmung der WEA genutzt wird. Der Lichtsensor wird auf einen Sensorhalter auf dem Maschinenhausdach montiert.

6. Zentraleinheit

Die Zentraleinheit des Schattenwurfmoduls SWM-V4.0 wird im Turmfuß der Windenergieanlage (Generation gamma) oder in der Gondel/Substation (Generation delta) montiert. Pro Windpark ist eine Zentraleinheit notwendig.

Funktionen der Zentraleinheit

- Berechnung der Schattenwurfzeiten an den zu überwachenden Gebäuden
- Abfrage der Lichtsensoren
- Kommunikation mit den Windenergieanlagen im Windpark über eine Netzwerkschnittstelle
- Stoppen der verursachenden Windenergieanlage bei Überschreitung der zulässigen Schattenwurfbelastung
- Protokollierung aller Ereignisse und Abschaltungen von Windenergieanlagen

7. Lichtsensor

Der Lichtsensor wird mit einem Halter auf dem Maschinenhausdach einer ausgewählten Windenergieanlage im Windpark installiert. Der Lichtsensor kommuniziert über das vorhandene Netzwerk mittels TCP/IP mit der Zentraleinheit des Schattenwurfmoduls. Es wird die direkte Beleuchtungsstärke des Sonnenlichts gemessen. Zusätzlich werden der Zentraleinheit Zeit- und Ortsdaten (über GPS-Empfänger) zur Verfügung gestellt.

8. Schnittstelle zu den Windenergieanlagen

Die Zentraleinheit kommuniziert mit den Windenergieanlagen über eine Netzwerkschnittstelle. Diese arbeitet als Client bezogen auf die Serverschnittstellen, welche in der Betriebsführungssoftware-Software der Windenergieanlagen angesiedelt sind. Die WEA-Steuerung übergibt per LAN und Modbus-TCP-Daten-Protokoll alle relevanten Daten an die Zentraleinheit des SWM. Start/Stop-Befehle werden von der Zentraleinheit des SWM per LAN (Modbus TCP) an die einzelnen WEA übermittelt. Nach der Abfrage und Verarbeitung der Daten werden Stopfbefehle, Alarm- und andere Statusmeldungen an die einzelnen Windenergieanlagen übergeben.
