



Berechnung der Schattenwurfdauer für die Errichtung  
und den Betrieb von einer Windenergieanlage  
am Standort Bernstorf-Questin IV  
Bericht Nr.: I17-SCHATTEN-2022-020



Berechnung der Schattenwurfdauer für die Errichtung und den Betrieb von  
einer Windenergieanlage am Standort Bernstorf-Questin IV

Bericht-Nr. I17-SCHATTEN-2022-020

Auftraggeber: WIND-projekt Ingenieur- und  
Projektentwicklungsgesellschaft mbH  
Am Strom 1-4  
D-18211 Rostock OT Seebad Warnemünde

Auftragsnehmer: I17-Wind GmbH & Co. KG  
Robert-Koch-Straße 29  
D-25813 Husum  
Tel.: 04841 – 87596 – 0  
E-Mail: mail@i17-wind.de  
Internet: www.i17-wind.de

Datum: 28. März 2022

---

## Haftungsausschluss und Urheberrecht

Das vorliegende Schattenwurfimmissionsgutachten für die geplante Windenergieanlage (WEA) am Standort Bernstorf-Questin IV wurde von der WIND-projekt Ingenieur- und Projektentwicklungsgesellschaft mbH im Januar 2022 bei der I17-Wind GmbH & Co. KG in Auftrag gegeben. Das Schattenwurfgutachten wurde nach bestem Wissen und Gewissen unparteiisch und nach dem gegenwärtigen Stand von Wissenschaft und Technik erstellt. Für die Daten die nicht von der I17-Wind GmbH & Co. KG ermittelt, erhoben und verarbeitet wurden, kann keine Garantie übernommen werden. Eine auszugsweise Vervielfältigung dieses Berichtes ist nur mit ausdrücklicher Zustimmung der I17-Wind GmbH & Co. KG erlaubt.

Urheber des vorliegenden Schattenwurfgutachtens ist die I17-Wind GmbH & Co. KG. Der Auftraggeber erhält nach § 31 Urheberrechtsgesetz das einfache Nutzungsrecht, welches nur durch Zustimmung des Urhebers übertragen werden kann. Eine Bereitstellung zum uneingeschränkten Download in elektronischen Medien ist ohne gesonderte Zustimmung des Urhebers nicht gestattet.

Für die physikalische Einhaltung der prognostizierten Werte an den Immissionsorten können seitens des Gutachters keine Garantien übernommen werden. Die Ergebnisse basieren auf vom Auftraggeber und Anlagenhersteller zur Verfügung gestellten Angaben zum Standort und zu den Windenergieanlagen.

## Akkreditierung

Die I17-Wind GmbH & Co. KG ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 durch die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkKS) für die Bereiche „Erstellen von Schallimmissionsprognosen für Windenergieanlagen; Erstellen von Schattenwurfimmissionsprognosen für Windenergieanlagen; Prüfung der Standort-eignung von Windenergieanlagen mittels Berechnung (Turbulenzgutachten)“ akkreditiert. Die Registriernummer der Urkunde lautet D-PL-21268-01-00. Diese kann angefragt, oder in der Datenbank der akkreditierten Stellen der DAkKS eingesehen werden.

Die I17-Wind GmbH & Co. KG ist Mitglied im Sachverständigenbeirat des Bundesverbandes WindEnergie (BWE) e.V.

---

Revisionsnummer	Revisionsdatum	Änderung	Bearbeiter
0	28.03.2022	Erstellung des Gutachtens	Kramer

---

**Bearbeitet**

B. Eng. Dennis Kramer,  
Sachverständiger  
Husum, 28.03.2022

**Gepprüft**

Dipl.-Ing. (FH) André Gefke,  
Sachverständiger  
Husum, 29.03.2022

**Freigegeben**

B. Eng. Dennis Kramer,  
Sachverständiger  
Husum, 29.03.2022



---

Dieses Dokument wurde digital signiert und die Integrität des Dokuments wurde überprüft. Das zugehörige Zertifikat kann von der I17-Wind GmbH & Co. KG auf Anfrage gerne zur Verfügung gestellt werden.

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	6
Tabellenverzeichnis.....	6
1 Aufgabenstellung.....	7
2 Örtliche Beschreibung.....	7
3 Beurteilungsgrundlagen.....	9
3.1 Berechnungs- und Beurteilungsverfahren.....	9
4 Beschreibung der geplanten Windenergieanlage.....	10
4.1 Anlagenbeschreibung.....	10
4.2 Position der geplanten Windenergieanlage.....	10
5 Vorbelastung.....	11
6 Einwirkungsbereiche der Windenergieanlage und Immissionspunkte.....	12
7 Rechenergebnisse und Beurteilungen.....	15
7.1 Vorbelastung.....	15
7.2 Zusatzbelastung.....	17
7.3 Gesamtbelastung.....	18
8 Zusammenfassung.....	20
8.1 Variante 1.....	20
8.2 Variante 2.....	21
9 Abkürzungs- und Symbolverzeichnis.....	22
10 Literaturverzeichnis.....	23
Anhang 1A / Übersichtskarte der Gesamtbelastung mit Iso-Schattenlinien (Gesamtdarstellung) Variante 1.....	24
Anhang 1B / Übersichtskarte der Gesamtbelastung mit Iso-Schattenlinien (Gesamtdarstellung) Variante 2.....	26
Anhang 2A / Hauptergebnis: Berechnungsergebnisse der Vorbelastung Variante 1.....	28
Anhang 2B / Hauptergebnis: Berechnungsergebnisse der Vorbelastung Variante 2.....	30
Anhang 3 / Hauptergebnis: Berechnungsergebnisse der Zusatzbelastung.....	32
Anhang 4A / Hauptergebnis: Berechnungsergebnisse der Gesamtbelastung Variante 1.....	34
Anhang 4B / Hauptergebnis: Berechnungsergebnisse der Gesamtbelastung Variante 2.....	36
Anhang 5 / Fotodokumentation der Immissionsorte.....	38

---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: WEA Standorte; Kartenmaterial [3] .....	8
Abbildung 6.1: Einwirkungsbereich der geplanten WEA; Kartenmaterial [3].....	13

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 4.1: Position der geplanten WEA [4] .....	10
Tabelle 5.1: Position der Bestandsanlagen am Standort [4.1, 5] .....	11
Tabelle 6.1: Immissionsorte .....	14
Tabelle 7.1: Analyseergebnisse Vorbelastung Variante 1 .....	15
Tabelle 7.2: Analyseergebnisse Vorbelastung Variante 2 .....	16
Tabelle 7.3: Analyseergebnisse Zusatzbelastung .....	17
Tabelle 7.4: Analyseergebnisse Gesamtbelastung Variante 1 .....	18
Tabelle 7.5: Analyseergebnisse Gesamtbelastung Variante 2 .....	19

## 1 Aufgabenstellung

Der Auftraggeber plant die Errichtung und den Betrieb von einer Windenergieanlage (WEA) des Typs N149/5.X auf 164.0 m Nabenhöhe (WEA 06) im Windpark Bernstorf-Questin IV welcher östlich der Ortschaft Bernstorf im Landkreis Nordwestmecklenburg in Mecklenburg-Vorpommern liegt.

In diesem Gutachten werden für die Vorbelastung zwei Varianten betrachtet. Es befinden sich drei zu berücksichtigende Windenergieanlagen im Genehmigungsverfahren wovon zwei nicht im Windeignungsgebiet liegen. Um eine mögliche Genehmigung bzw. nicht Genehmigung von diesen Anlagen zu berücksichtigen wird in Variante 1 nur die Anlage betrachtet, die im Eignungsgebiet liegt und in Variante 2 alle drei Anlagen mitberücksichtigt.

Für das Genehmigungsverfahren nach dem BImSchG [2] ist der Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte für die Schattenwurfimmissionen zu führen. Die Berechnungen sollen Auskunft darüber geben, ob schädliche Umwelteinwirkungen durch Schattenwurf von den geplanten Anlagen ausgehen können.

Im Umfeld der geplanten WEA befinden sich bereits Windenergieanlagen in Betrieb, welche im vorliegenden Schattenwurfgutachten als Vorbelastung Berücksichtigung finden.

## 2 Örtliche Beschreibung

Die Planung befindet sich auf dem Gebiet der Gemeinde Grevesmühlen, zwischen dem Ortsteil Wotenitz und der Ortschaft Bernstorf welche in der gleichnamigen Gemeinde liegt. Der Ortsteil Questin ist in ca. 2.0 km nordwestlich der Planung zu finden. Büttlingen ist etwa 1.1 km nordöstlich vorzufinden. Im Südwesten der geplanten Anlage, ungefähr 1.3 km entfernt, liegt der Ortsteil Pieversdorf. Bernstorf, im Westen gelegen, ist ca. 2.5 km weit weg gelegen. Die unmittelbare Umgebung wird vorwiegend landwirtschaftlich genutzt und ist von einzelnen Baumreihen durchsetzt. Der geplante Standort befindet sich innerhalb des Bestandsparks.

Im Umfeld des geplanten Standortes befinden sich weitere WEA [4.1, 5]. Diese WEA finden im vorliegenden Gutachten als Vorbelastung Berücksichtigung.

Die Geländehöhe um den Windparkstandort variiert zwischen einer Höhe von ca. 15 m und 35 m über NN. Die Höhenangaben wurden [7] entnommen.

Die Angaben zu den Koordinaten der geplanten Windenergieanlage wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt [4].

Für die Koordinatenangaben in diesem Gutachten findet das System UTM ETRS 89 Zone 33 Anwendung. Die Windenergieanlagenpositionen sind in der nachfolgenden Abbildung 2.1 dargestellt.

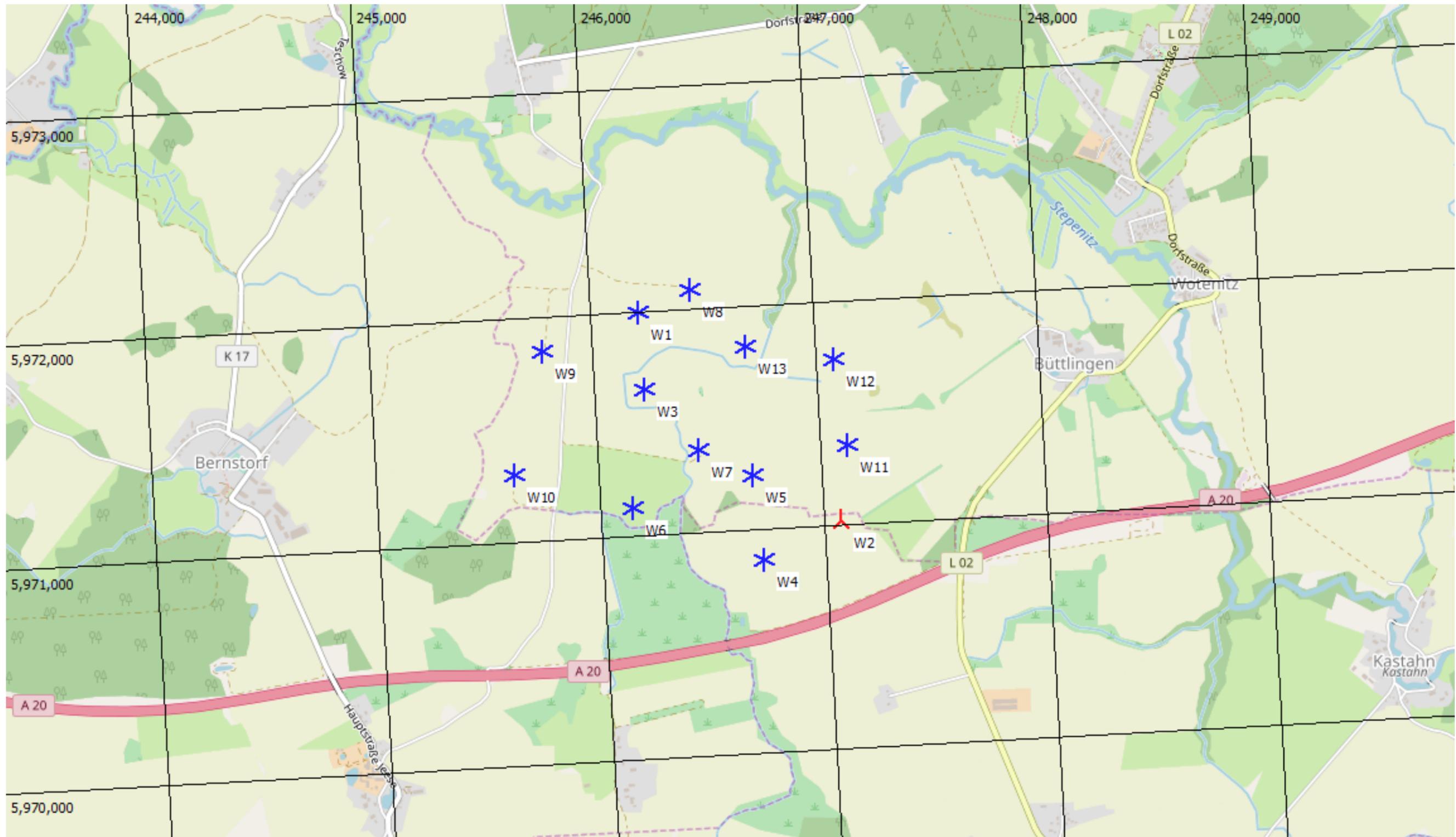


Abbildung 2.1: WEA Standorte; Kartenmaterial [3]

▲ = neu geplante WEA, \* = bestehende WEA (W12 und W13 nur in Variante 2)

## 3 Beurteilungsgrundlagen

### 3.1 Berechnungs- und Beurteilungsverfahren

Die hier zu untersuchenden Immissionen durch direkten Schattenwurf des Rotors können bei drehendem Rotor störend wirken. Aus der Anzahl der Rotorblätter und der Drehzahl des Rotors ergibt sich die jeweilige Frequenz mit der wechselnde Lichtverhältnisse im Schattenbereich auftreten können. Bei den gegenwärtigen Anlagengrößen handelt es sich um niedrige Frequenzen im Bereich von ca. 0.5 bis 3 Hz. Die Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) [1] hat die federführend vom staatlichen Umweltamt Schleswig unter Mitarbeit von Fachleuten, Gutachtern, Gewerbeaufsichtsdirektoren und Weiteren erarbeiteten *Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windkraftanlagen, Aktualisierung 2019 (WKA-Schattenwurfhinweise)* [1] im Jahr 2020 als Standard anerkannt. Die WEA-Schattenwurf-Hinweise enthalten folgende Grenzwerte:

- Die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer darf maximal 30 Stunden im Jahr und maximal 30 Minuten am Tag betragen.
- Ein Schattenwurf bei Sonnenständen unter  $3^\circ$  ist nicht zu berücksichtigen.
- Wenn am Immissionsort aufgrund der Entfernung zur WEA die Sonne zu weniger als 20% durch das Rotorblatt verdeckt wird, können die dadurch entstehenden Helligkeitsschwankungen (Schatten) vernachlässigt werden.
- Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen, wird die Berechnung für einen punktförmigen Rezeptor von 0.1 m x 0.1 m in ca. 2m Höhe durchgeführt.

Die Beschattungsdauer an der umgebenden Bebauung kann für eine oder mehrere WEA in Abhängigkeit von Nabenhöhe und Rotordurchmesser ermittelt werden. Der Berechnung der astronomisch möglichen Beschattungsdauer - dem worst case - liegen folgende Annahmen zu Grunde:

- Es herrscht durchgehender Sonnenschein von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang.
- Die Sonnenstrahlung steht senkrecht zur Rotorkreisfläche.
- Die WEA befindet sich permanent in Betrieb.

Zyklische Lichtblitze / Discoeffekte sowie periodischer Schattenwurf sind Immissionen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes [2]. Durch Verwendung mittelreflektierender Farben (z.B. RAL 7035-HR) und matten Glanzgraden gemäß DIN EN ISO 2813:2015-02 kann Lichtblitzen vorgebeugt werden.

## 4 Beschreibung der geplanten Windenergieanlage

### 4.1 Anlagenbeschreibung

Der Auftraggeber plant am Standort Bernstorf-Questin IV die Errichtung und den Betrieb von einer Windenergieanlage des Herstellers Nordex. Nachfolgend werden die Eckdaten und die Koordinaten der geplanten Windenergieanlage zusammengefasst.

Hersteller:	Nordex
Anlagentyp:	N149/5.X
Nabenhöhen:	164.0 m
Rotordurchmesser:	149.1 m
Nennleistung:	5.700 kW
Maximale Blatttiefe [8]:	4.20
Blatttiefe bei 90% Radius [8]:	1.21

### 4.2 Position der geplanten Windenergieanlage

Tabelle 4.1 sind die Position [4] und der Anlagentyp mit Nabenhöhe der geplanten Windenergieanlagen am Standort Bernstorf-Questin IV zu entnehmen.

*Tabelle 4.1: Position der geplanten WEA [4]*

W-Nr.	Bez. Auftraggeber	Typ	Rotordurchmesser [m]	Nabenhöhe [m]	Koordinaten UTM ETRS 89 Zone 33		Höhe über NN [m]
					Ost	Nord	
W1	WEA 06	N149/5.X	149.1	164.0	246070	5971005	29

## 5 Vorbelastung

Am Standort Bernstorf-Questin IV befinden sich mehrere WEA in Betrieb oder im Genehmigungsverfahren, welche als Vorbelastung berücksichtigt werden müssen. In Tabelle 5.1 sind die Windenergieanlagen mit Typ, Nabenhöhe und Position [4.1, 4.2, 5] aufgeführt. Die Anlagen W12 und W13 werden nur in Variante 2 betrachtet und sind in der folgenden Tabelle 5.1 *kursiv* dargestellt.

Anmerkung:

Die bestehenden WEA W1, W3 und W6 bis W10 verursachen an keinem Immissionsort einen Beitrag zum Schattenwurf, siehe Anhang 2A und Anhang 2B (Gesamtmenge der max. mögl. Beschattung an Rezeptoren pro WEA). Daher kann auf eine Berücksichtigung dieser Anlagen im Rahmen der Gesamtbelastung verzichtet werden.

Tabelle 5.1: Position der Bestandsanlagen am Standort [4.1, 4.2, 5]

W-Nr.	Bez. Auftraggeber	Typ	Rotor-durchmesser [m]	Nabenhöhe [m]	Koordinaten UTM ETRS 89 Zone 33		Höhe über NN [m]
					Ost	Nord	
W1	WEA 05	N149/5.X	149.1	164.0	246216	5971983	23
W3	WEA 02	N149/5.X	149.1	164.0	246225	5971638	23
W4	WEA 04	N163/6.X	163.0	164.0	246717	5970850	26
W5	WEA 03	N149/5.X	149.1	164.0	246687	5971233	27
W6	WEA 01	N133/4800	133.2	110.0	246145	5971115	26
W7	B 1	K82 2.0MW	82.0	80.0	246452	5971354	27
W8	B 2	K100 2.5MW	100.0	100.0	246449	5972073	26
W9	B 3	K110 2.4 MW	109.0	95.0	245777	5971834	25
W10	B 4	K120 2.3MW	120.0	95.0	245622	5971287	26
W11	WEA MBBF	GE 5.5-158	158.0	164.0	247120	5971344	26
<i>W12*</i>	<i>WEA MBBF</i>	<i>GE 5.3-158</i>	<i>158.0</i>	<i>161.0</i>	<i>247080</i>	<i>5971730</i>	<i>24</i>
<i>W13*</i>	<i>WEA MBBF</i>	<i>GE 5.3-158</i>	<i>158.0</i>	<i>161.0</i>	<i>246686</i>	<i>5971808</i>	<i>22</i>

*\*werden nur in Variante 2 berücksichtigt*

---

## 6 Einwirkungsbereiche der Windenergieanlage und Immissionspunkte

Als Immissionsorte für die Schattenwurfprognose wurden die nächstgelegenen Gebäude berücksichtigt. Die Auswahl der Immissionsorte wurde anhand einer Standortbesichtigung eines Mitarbeiters der I17-Wind GmbH & Co. KG, sowie der vorliegenden Dokumentation vorgenommen. Bei der Standortbesichtigung am 04.03.2022 wurde die bestehende Wohnbebauung mit Angaben aus dem Kartenmaterial abgeglichen und Abweichungen dokumentiert und korrigiert. Laut den WEA-Schattenwurf-Hinweisen des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) [1] sind maßgebliche Immissionsorte u.a.:

- Wohnräume
- Schlafräume, einschließlich Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten und Bettenräume in Krankenhäusern und Sanatorien
- Unterrichtsräume in Schulen, Hochschulen und ähnlichen Einrichtungen
- Büroräume, Praxisräume, Arbeitsräume, Schulungs- und ähnliche Arbeitsräume

Die nächstgelegenen Bebauungen, welche diese Kriterien erfüllen, sind die Ortsteile Büttlingen, Bernstorf, Bernstorf Ausbau und Questin. Im Anschluss wurden nur die Immissionsorte berücksichtigt, die innerhalb oder nahe am Rande der Schattenwurf-Isolinie liegen (Siehe Abbildung 6.1 und Tabelle 6.1).

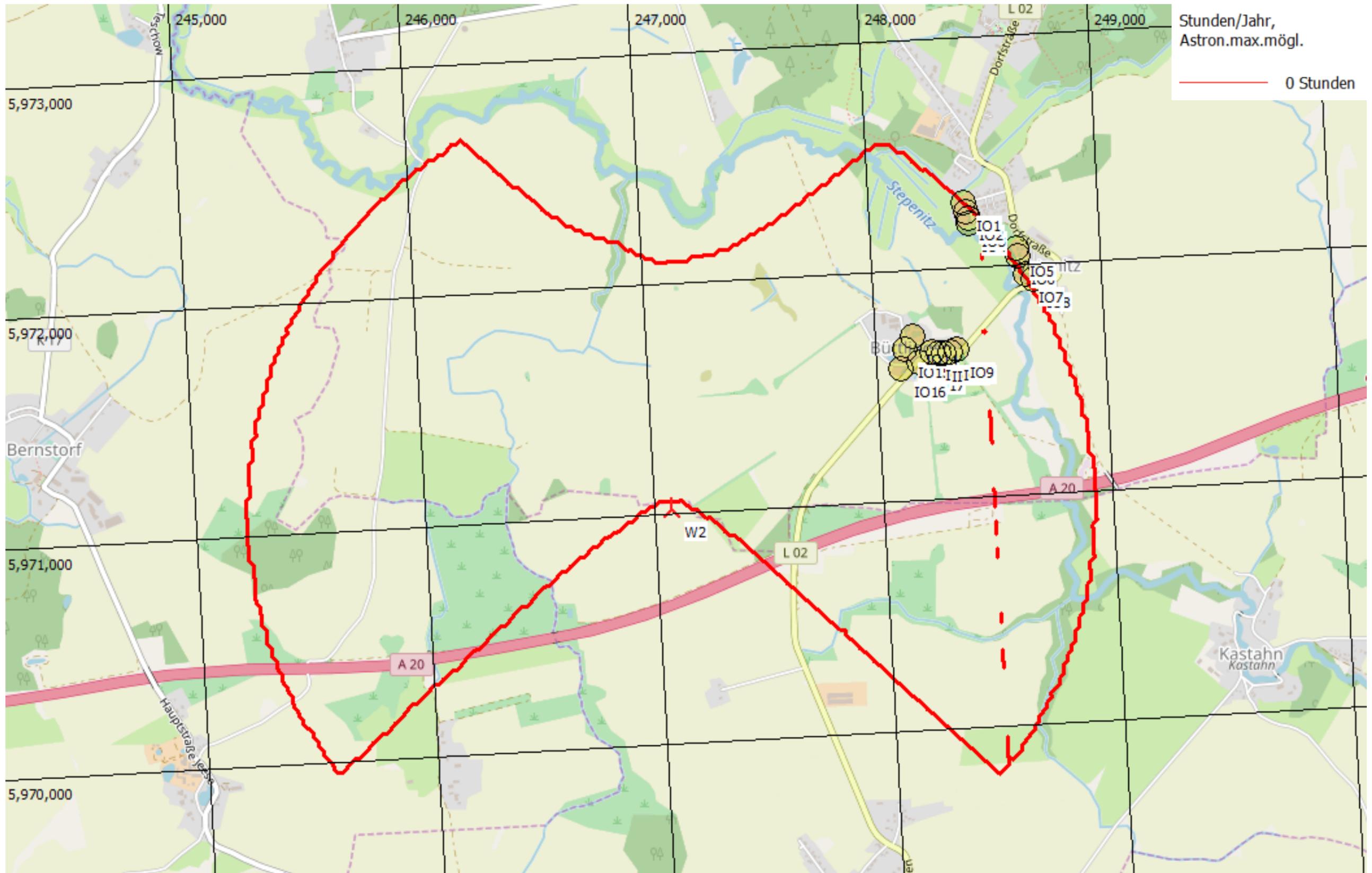


Abbildung 6.1: Einwirkungsbereich der geplanten WEA; Kartenmaterial [3]

▲ = neu geplante WEA, ● = Schattenimmissionsort

Die Lage und Bezeichnung der Immissionsorte im Einwirkungsbereich sind in Tabelle 6.1 zusammengefasst. Die Nummerierung der Immissionsorte beginnt im Norden und verläuft im Uhrzeigersinn.

*Tabelle 6.1: Immissionsorte*

Nr.	Immissionspunkte	Koordinaten UTM ETRS 89 Zone 33		Höhe über NN [m]
		Ost	Nord	
IO1	Siedlerweg 13, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	248416	5972264	20
IO2	Siedlerweg 11, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	248422	5972230	21
IO3	Siedlerweg 12a, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	248432	5972201	21
IO4	Siedlerweg 12, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	248431	5972177	22
IO5	Dorfstr. 40, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	248634	5972055	20
IO6	Dorfstr. 43a, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	248639	5972025	20
IO7	Dorfstr. 43, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	248666	5971943	20
IO8	Dorfstr. 42, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	248700	5971917	21
IO9	Dorfstr. 1, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	248350	5971632	23
IO10	Dorfstr. 2, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	248320	5971621	24
IO11	Dorfstr. 3, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	248296	5971616	24
IO12	Dorfstr. 4, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	248273	5971617	24
IO13	Dorfstr. 5, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	248247	5971628	23
IO14	Dorfstr. 6, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	248164	5971701	22
IO15	Dorfstr. 7, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	248126	5971642	24
IO16	Dorfstr. 8, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	248107	5971558	25
IO17	Dorfstr. 10, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	248188	5971584	23

## 7 Rechenergebnisse und Beurteilungen

In den nachfolgenden Tabellen sind die Ergebnisse der Analysen sowohl für die Vorbelastung als auch Zusatz- und Gesamtbelastung der im Einwirkungsbereich befindlichen Immissionsorte dargestellt. Überschreitungen der Grenzwerte sind **fett** gekennzeichnet. Im Anhang befinden sich die Ausdrücke der Berechnung der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung. Die Angabe zu der meteorologisch wahrscheinlichen Beschattungsdauer ist für die Genehmigung eines Vorhabens nicht relevant, kann jedoch Betreibern, Betroffenen und Behörden einen Eindruck über die zu erwartende tatsächliche Schattenwurfbelastung an den Immissionsorten geben. Hierzu wurde die Sonnenscheinwahrscheinlichkeit der Wetterstation Heiligendamm [6] und eine repräsentative Windverteilung [6.1] herangezogen.

### 7.1 Vorbelastung

Tabelle 7.1: Analyseergebnisse Vorbelastung Variante 1

Vorbelastung					
Nr.	Immissionspunkte	Astron. max. mögl. Beschattungsdauer			Meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer
		Gesamtdauer in Std/ Jahr	Anzahl der Tage mit Schatten pro Jahr	Max. Schattendauer, in Std/ Tag	Std. / Jahr
IO1	Siedlerweg 13, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	11:55	38	0:24	1:45
IO2	Siedlerweg 11, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	11:42	38	0:24	1:48
IO3	Siedlerweg 12a, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	11:35	38	0:24	1:51
IO4	Siedlerweg 12, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	11:30	36	0:24	1:54
IO5	Dorfstr. 40, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	8:45	31	0:22	1:41
IO6	Dorfstr. 43a, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	8:43	30	0:22	1:40
IO7	Dorfstr. 43, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	8:29	29	0:22	1:39
IO8	Dorfstr. 42, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	8:11	29	0:22	1:37
IO9	Dorfstr. 1, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	14:39	40	0:28	3:12
IO10	Dorfstr. 2, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	23:34	71	0:29	4:57
IO11	Dorfstr. 3, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	24:30	73	0:30	5:09
IO12	Dorfstr. 4, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	25:19	74	<b>0:31</b>	5:19
IO13	Dorfstr. 5, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	26:23	75	<b>0:31</b>	5:31
IO14	Dorfstr. 6, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<b>30:20</b>	76	<b>0:37</b>	6:00
IO15	Dorfstr. 7, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<b>32:02</b>	80	<b>0:36</b>	6:35
IO16	Dorfstr. 8, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<b>33:52</b>	85	<b>0:36</b>	7:13
IO17	Dorfstr. 10, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	29:11	79	<b>0:33</b>	6:11

Tabelle 7.2: Analyseergebnisse Vorbelastung Variante 2

Vorbelastung					
Nr.	Immissionspunkte	Astron. max. mögl. Beschattungsdauer			Meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer
		Gesamtdauer in Std/ Jahr	Anzahl der Tage mit Schatten pro Jahr	Max. Schattendauer, in Std/ Tag	Std. / Jahr
IO1	Siedlerweg 13, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	29:41	84	<b><u>0:39</u></b>	5:21
IO2	Siedlerweg 11, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	29:26	82	<b><u>0:40</u></b>	5:26
IO3	Siedlerweg 12a, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	29:07	82	<b><u>0:40</u></b>	5:29
IO4	Siedlerweg 12, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	29:07	79	<b><u>0:41</u></b>	5:34
IO5	Dorfstr. 40, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	17:26	60	0:23	3:33
IO6	Dorfstr. 43a, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	17:23	59	0:23	3:33
IO7	Dorfstr. 43, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	16:58	58	0:23	3:34
IO8	Dorfstr. 42, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	16:12	57	0:22	3:27
IO9	Dorfstr. 1, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<b><u>30:55</u></b>	77	<b><u>0:35</u></b>	7:23
IO10	Dorfstr. 2, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<b><u>40:36</u></b>	110	<b><u>0:34</u></b>	<b><u>9:24</u></b>
IO11	Dorfstr. 3, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<b><u>42:13</u></b>	113	<b><u>0:35</u></b>	<b><u>9:48</u></b>
IO12	Dorfstr. 4, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<b><u>43:43</u></b>	116	<b><u>0:35</u></b>	<b><u>10:10</u></b>
IO13	Dorfstr. 5, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<b><u>45:46</u></b>	117	<b><u>0:37</u></b>	<b><u>10:38</u></b>
IO14	Dorfstr. 6, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<b><u>53:56</u></b>	120	<b><u>0:43</u></b>	<b><u>12:01</u></b>
IO15	Dorfstr. 7, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<b><u>56:26</u></b>	127	<b><u>0:41</u></b>	<b><u>13:06</u></b>
IO16	Dorfstr. 8, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<b><u>58:58</u></b>	137	<b><u>0:37</u></b>	<b><u>14:05</u></b>
IO17	Dorfstr. 10, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<b><u>50:30</u></b>	124	<b><u>0:37</u></b>	<b><u>11:57</u></b>

## 7.2 Zusatzbelastung

Tabelle 7.3: Analyseergebnisse Zusatzbelastung

Zusatzbelastung					
Nr.	Immissionspunkte	Astron. max. mögl. Beschattungsdauer			Meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer
		Gesamtdauer in Std/ Jahr	Anzahl der Tage mit Schatten pro Jahr	Max. Schattendauer, in Std/ Tag	Std. / Jahr
IO1	Siedlerweg 13, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	0:00	0	0:00	0:00
IO2	Siedlerweg 11, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	11:31	44	0:20	1:27
IO3	Siedlerweg 12a, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	11:05	43	0:20	1:25
IO4	Siedlerweg 12, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	10:51	42	0:20	1:23
IO5	Dorfstr. 40, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	0:00	0	0:00	0:00
IO6	Dorfstr. 43a, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	0:00	0	0:00	0:00
IO7	Dorfstr. 43, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	0:00	0	0:00	0:00
IO8	Dorfstr. 42, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	0:00	0	0:00	0:00
IO9	Dorfstr. 1, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	10:34	33	0:25	2:03
IO10	Dorfstr. 2, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	11:06	35	0:25	2:09
IO11	Dorfstr. 3, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	11:29	35	0:25	2:14
IO12	Dorfstr. 4, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	11:52	35	0:26	2:18
IO13	Dorfstr. 5, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	12:12	36	0:26	2:21
IO14	Dorfstr. 6, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	14:01	40	0:27	2:28
IO15	Dorfstr. 7, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	14:54	40	0:29	2:44
IO16	Dorfstr. 8, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	15:29	41	0:30	3:00
IO17	Dorfstr. 10, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	13:27	37	0:28	2:37

### 7.3 Gesamtbelastung

Tabelle 7.4: Analyseergebnisse Gesamtbelastung Variante 1

Gesamtbelastung					
Nr.	Immissionspunkte	Astron. max. mögl. Beschattungsdauer			Meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer
		Gesamtdauer in Std/ Jahr	Anzahl der Tage mit Schatten pro Jahr	Max. Schattendauer, in Std/ Tag	Std. / Jahr
IO1	Siedlerweg 13, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	11:55	38	0:24	1:45
IO2	Siedlerweg 11, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	23:13	76	0:24	3:15
IO3	Siedlerweg 12a, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	22:40	75	0:24	3:17
IO4	Siedlerweg 12, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	22:21	74	0:24	3:18
IO5	Dorfstr. 40, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	8:45	31	0:22	1:41
IO6	Dorfstr. 43a, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	8:43	30	0:22	1:41
IO7	Dorfstr. 43, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	8:29	29	0:22	1:40
IO8	Dorfstr. 42, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	8:11	29	0:22	1:37
IO9	Dorfstr. 1, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	25:13	73	0:28	5:17
IO10	Dorfstr. 2, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	28:32	79	0:29	5:57
IO11	Dorfstr. 3, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	29:47	80	0:30	6:13
IO12	Dorfstr. 4, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<b><u>30:56</u></b>	82	<b><u>0:31</u></b>	6:27
IO13	Dorfstr. 5, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<b><u>32:22</u></b>	82	<b><u>0:31</u></b>	6:43
IO14	Dorfstr. 6, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<b><u>38:58</u></b>	82	<b><u>0:37</u></b>	7:35
IO15	Dorfstr. 7, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<b><u>40:45</u></b>	87	<b><u>0:36</u></b>	<b><u>8:14</u></b>
IO16	Dorfstr. 8, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<b><u>42:10</u></b>	95	<b><u>0:36</u></b>	<b><u>8:53</u></b>
IO17	Dorfstr. 10, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<b><u>35:56</u></b>	88	<b><u>0:33</u></b>	7:32

Der Grenzwert für die astronomisch maximal mögliche Schattenwurfdauer von 30 Stunden pro Jahr und/oder 30 Minuten pro Tag der Gesamtbelastung wird in Variante 1 an den Immissionsorten **IO12 bis IO17** überschritten.

Die meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer in Stunden / Jahr wird an **2** Immissionsorten überschritten.

Tabelle 7.5: Analyseergebnisse Gesamtbelastung Variante 2

Gesamtbelastung					
Nr.	Immissionspunkte	Astron. max. mögl. Beschattungsdauer			Meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer
		Gesamtdauer in Std/ Jahr	Anzahl der Tage mit Schatten pro Jahr	Max. Schattendauer, in Std/ Tag	Std. / Jahr
IO1	Siedlerweg 13, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	29:41	84	<u>0:39</u>	5:22
IO2	Siedlerweg 11, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	<u>40:57</u>	120	<u>0:40</u>	6:55
IO3	Siedlerweg 12a, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	<u>40:12</u>	119	<u>0:40</u>	6:56
IO4	Siedlerweg 12, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	<u>39:58</u>	117	<u>0:41</u>	7:00
IO5	Dorfstr. 40, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	17:26	60	0:23	3:34
IO6	Dorfstr. 43a, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	17:23	59	0:23	3:35
IO7	Dorfstr. 43, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	16:58	58	0:23	3:36
IO8	Dorfstr. 42, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	16:12	57	0:22	3:28
IO9	Dorfstr. 1, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<u>41:29</u>	110	<u>0:35</u>	<u>9:30</u>
IO10	Dorfstr. 2, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<u>45:34</u>	118	<u>0:34</u>	<u>10:25</u>
IO11	Dorfstr. 3, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<u>47:30</u>	120	<u>0:35</u>	<u>10:54</u>
IO12	Dorfstr. 4, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<u>49:20</u>	124	<u>0:35</u>	<u>11:20</u>
IO13	Dorfstr. 5, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<u>51:45</u>	124	<u>0:37</u>	<u>11:51</u>
IO14	Dorfstr. 6, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<u>62:34</u>	126	<u>0:43</u>	<u>13:37</u>
IO15	Dorfstr. 7, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<u>65:09</u>	134	<u>0:41</u>	<u>14:48</u>
IO16	Dorfstr. 8, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<u>67:16</u>	147	<u>0:37</u>	<u>15:47</u>
IO17	Dorfstr. 10, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	<u>57:15</u>	133	<u>0:37</u>	<u>13:20</u>

Der Grenzwert für die astronomisch maximal mögliche Schattenwurfdauer von 30 Stunden pro Jahr und/oder 30 Minuten pro Tag der Gesamtbelastung wird in Variante 2 an den Immissionsorten **IO1 bis IO4 und IO9 bis IO17** überschritten.

Die meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer in Stunden / Jahr wird an **9** Immissionsorten überschritten.

## 8 Zusammenfassung

Für das Genehmigungsverfahren nach dem BImSchG [2] ist der Nachweis der Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte für die Schattenwurfimmissionen zu führen.

Der Einwirkungsbereich der geplanten Anlage erstreckt sich über die Immissionsorte **IO2 bis IO4 und IO9 bis IO17**.

### 8.1 Variante 1

Die durchgeführten Berechnungen kommen zu dem Ergebnis, dass bei der Gesamtbelastung der Grenzwert für die astronomisch maximal mögliche Schattenwurfdauer von 30 Stunden pro Jahr und/oder 30 Minuten pro Tag an den Immissionspunkten **IO12 bis IO17** überschritten wird.

Für die Immissionsorte **IO12 bis IO17** gilt, dass aufgrund der bestehenden Vorbelastung und der dadurch ausgeschöpften Grenzwerte die geplante Anlage an diesem Immissionsort keinen zusätzlichen Beitrag zur Schattenwurfbelastung verursachen dürfen.

Die Immissionsorte **IO1 und IO5 bis IO8** befinden sich nicht im Einwirkungsbereich der Neuplanung.

An den o.g. Immissionspunkten **IO12 bis IO17** muss die Rotorschattenwurfdauer durch den Einsatz eines Schattenwurfabschaltmoduls entsprechend der vorgenannten Empfehlungen begrenzt werden. Dieses Modul schaltet die WEA ab, wenn an den relevanten Immissionsorten die vorgegebenen Grenzwerte erreicht sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass eine etwaige Beschattungsdauer durch eine ggf. vorliegende Vorbelastung auch dieser vorbehalten ist. Einer Neuplanung steht an diesen Immissionsorten somit lediglich das verbliebene Beschattungskontingent bis zur Ausschöpfung der Grenzwerte zur Verfügung.

Da der Grenzwert von 30 Stunden pro Kalenderjahr auf Grundlage der astronomisch möglichen Beschattung entwickelt wurde, ist für die Schattenwurfabschaltautomatik der Wert für die tatsächliche, meteorologische Schattendauer von 8 Stunden pro Kalenderjahr zu berücksichtigen. Ferner ist der Tatsache Rechnung zu tragen, dass sich die Zeitpunkte für den Schattenwurf jedes Jahr leicht verschieben. Hier muss die Abschaltung auf dem realen Sonnenstand basieren.

Die Genehmigung sollte mit der Auflage eines Einsatzes eines Schattenwurfabschaltmoduls erteilt werden.

## 8.2 Variante 2

Die durchgeführten Berechnungen kommen zu dem Ergebnis, dass bei der Gesamtbelastung der Grenzwert für die astronomisch maximal mögliche Schattenwurfdauer von 30 Stunden pro Jahr und/oder 30 Minuten pro Tag an den Immissionspunkten **IO1 bis IO4 und IO9 bis IO17** überschritten wird.

Für die Immissionsorte **IO1 bis IO4 und IO9 bis IO17** gilt, dass aufgrund der bestehenden Vorbelastung und der dadurch ausgeschöpften Grenzwerte die geplante Anlage an diesem Immissionsort keinen zusätzlichen Beitrag zur Schattenwurfbelastung verursachen dürfen.

Die Immissionsorte **IO1 und IO5 bis IO8** befinden sich nicht im Einwirkungsbereich der Neuplanung.

An den o.g. Immissionspunkten **IO2 bis IO4 und IO9 bis IO17** muss die Rotorschattenwurfdauer durch den Einsatz eines Schattenwurfabschaltmoduls entsprechend der vorgenannten Empfehlungen begrenzt werden. Dieses Modul schaltet die WEA ab, wenn an den relevanten Immissionsorten die vorgegebenen Grenzwerte erreicht sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass eine etwaige Beschattungsdauer durch eine ggf. vorliegende Vorbelastung auch dieser vorbehalten ist. Einer Neuplanung steht an diesen Immissionsorten somit lediglich das verbliebene Beschattungskontingent bis zur Ausschöpfung der Grenzwerte zur Verfügung.

Da der Grenzwert von 30 Stunden pro Kalenderjahr auf Grundlage der astronomisch möglichen Beschattung entwickelt wurde, ist für die Schattenwurfabschaltautomatik der Wert für die tatsächliche, meteorologische Schattendauer von 8 Stunden pro Kalenderjahr zu berücksichtigen. Ferner ist der Tatsache Rechnung zu tragen, dass sich die Zeitpunkte für den Schattenwurf jedes Jahr leicht verschieben. Hier muss die Abschaltung auf dem realen Sonnenstand basieren.

Die Genehmigung sollte mit der Auflage eines Einsatzes eines Schattenwurfabschaltmoduls erteilt werden.

---

## 9 Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

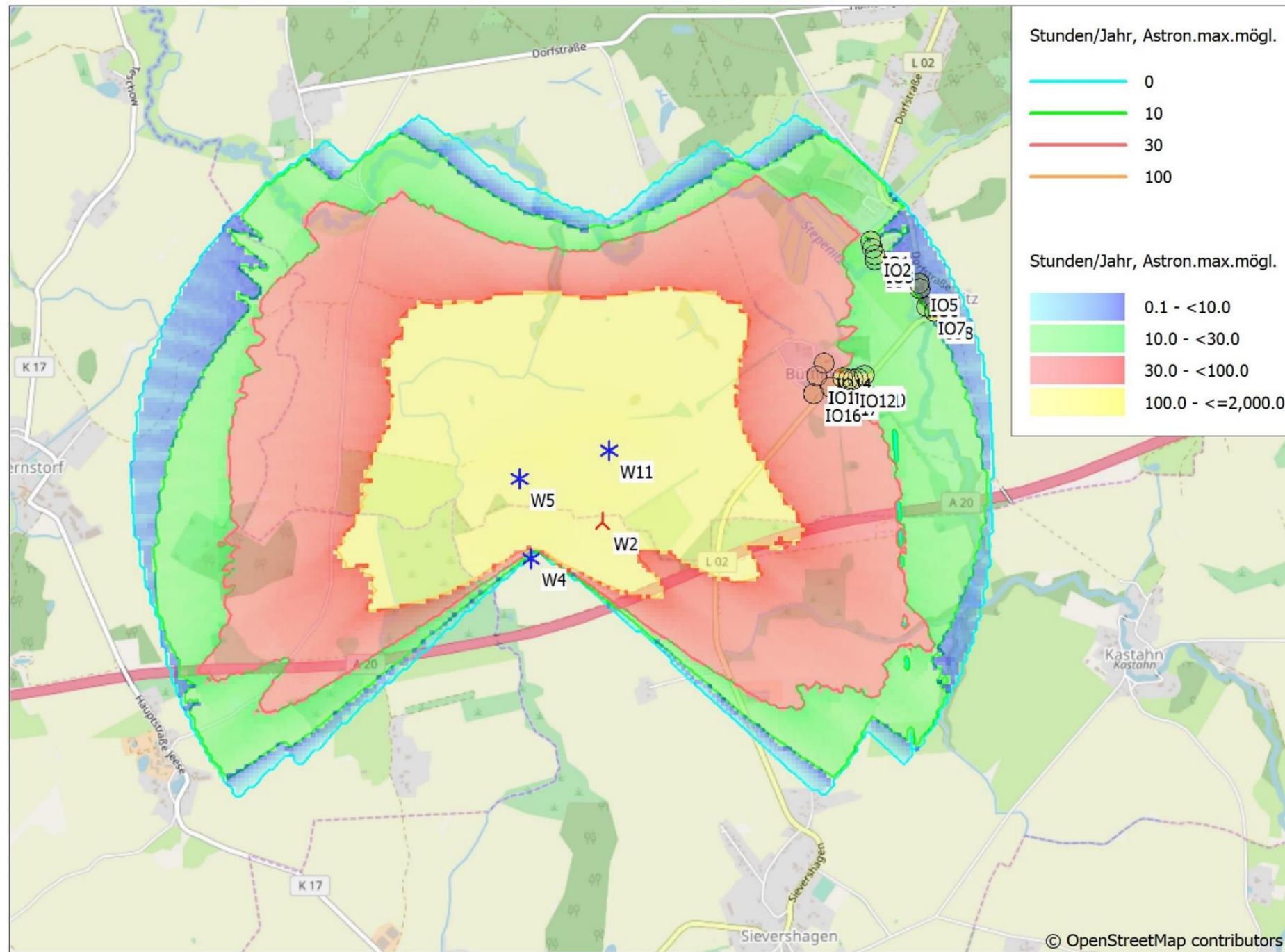
Abb.	Abbildung
Astron.	Astronomisch
Bez.	Bezeichnung
GK	Gauß – Krüger
GPS	Global Positioning System
Hz	Hertz
IO	Immissionsort
Max.	Maximal
Met.	Meteorologisch
NN	Normalnull
Nr.	Nummer
Std.	Stunden
UTM	Universal Transverse Mercator
WEA	Windenergieanlage

## 10 Literaturverzeichnis

- [1] *LAI, Länderausschuss für Immissionsschutz, Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windkraftanlagen, Aktualisierung 2019 (WKA-Schattenwurfhinweise), Stand 23.01.2020*
- [2] *BImSchG Bundes-Immissionsschutzgesetz*
- [3] *OpenStreetMap, © OpenStreetMap-Mitwirkende, [www.openstreetmap.org/copyright](http://www.openstreetmap.org/copyright)*
- [4] *WIND-projekt Ingenieur- und Projektentwicklungsgesellschaft mbH; E-Mail mit dem Betreff: "WP Questin IV / Vorbelastung für Schall, Schatten, Standsicherheit" vom 28.02.2022; Datei: 211220\_Bernstorf-Questin IV\_Anlagenkonfiguration.xlsx*
- [4.1] *I17-Wind GmbH & Co. KG, Berechnung der Schattenwurfdauer für die Errichtung und den Betrieb von einer Windenergieanlage am Standort Bernstorf-Questin IV, Bericht Nr.: I17-SCHATTEN-2022-019 vom 03.03.2022*
- [4.2] *WIND-projekt Ingenieur- und Projektentwicklungsgesellschaft mbH, 210721\_Bernstorf-Questin\_Vorbelastung MBBF.xlsx, übermittelt per E-Mail mit dem Betreff: „WP Questin IV / Anpassung der S3 Gutachterpaketes wegen geänderter Vorbelastung“ am 14.03.2022*
- [5] *WIND-projekt Ingenieur- und Projektentwicklungsgesellschaft mbH, übermittelt per E-Mail mit dem Betreff: „AW: Eignungsgebiet für Windenergieanlagen Questin (06/18, gem. aktuellem Entwurf) / Anfrage Vorbelastung, Inhalt Gutachten“ am 12.04.2021*
- [6] *Sonnenwahrscheinlichkeit Wetterstation Heiligendamm, WindPRO-Datenbank WRDC - [http://wrdcmgo.nrel.gov/html/get\\_data-ap.html](http://wrdcmgo.nrel.gov/html/get_data-ap.html)*
- [6.1] *UL International GmbH, WINDPOTENZIAL- UND ENERGIEERTRAGSERMITTLUNG; Ref. Nr. UL-GER-WP20-13515531-01; 21.01.2021*
- [7] *Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern; Amt für Geoinformation, Vermessung- und Katasterwesen; Bereitstellung DGM 25, © GeoBasis-DE/M-V 2018*
- [8] *Nordex Energy GmbH, Abmessungen Maschinenhaus und Rotorblätter, Dokumentennr.: E0004289528 Rev.06, Datum: 01.04.2021*

# Anhang 1A / Übersichtskarte der Gesamtbelastung mit Iso-Schattenlinien (Gesamtdarstellung) Variante 1

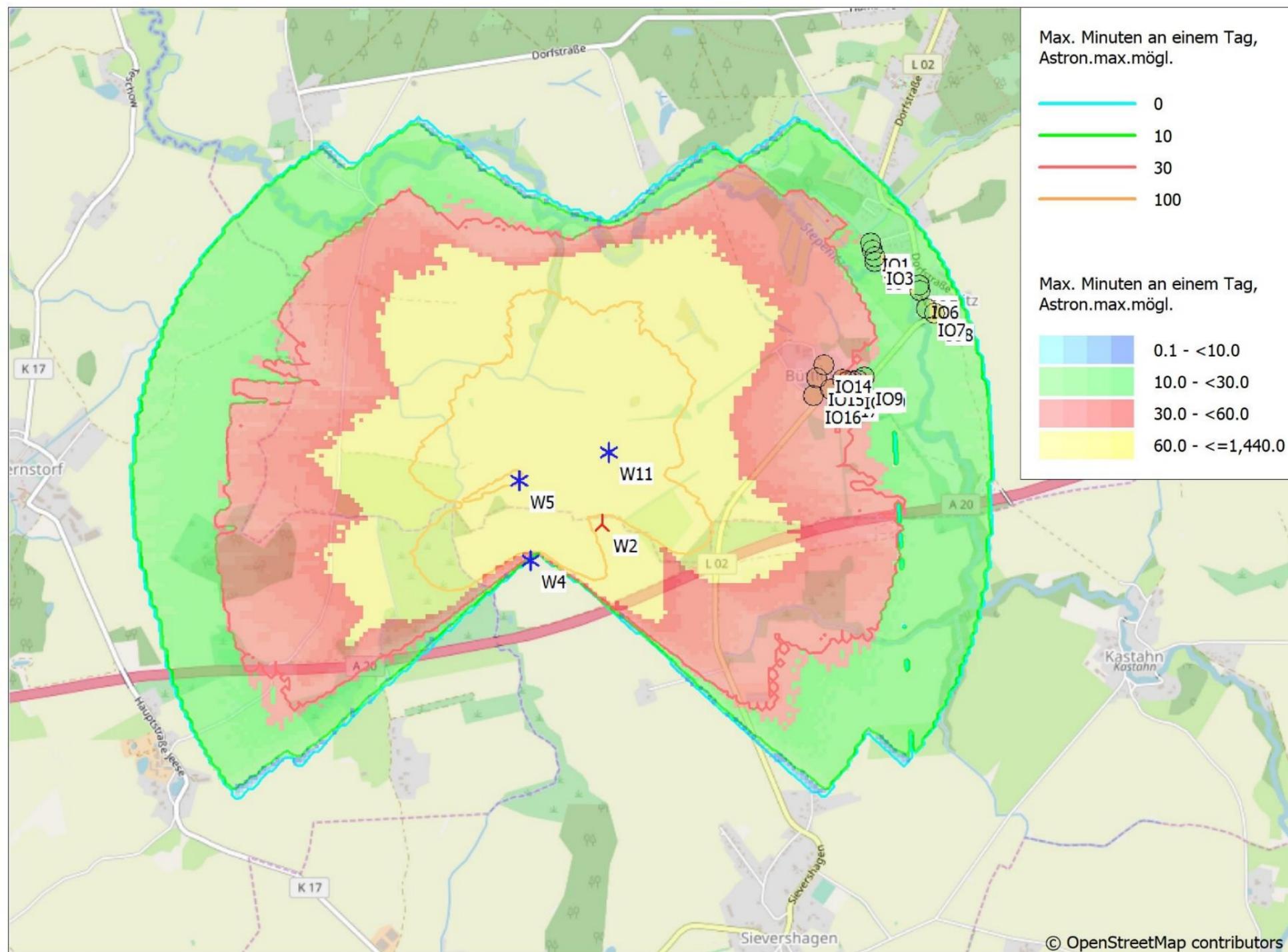
Projekt:  
**2112\_Bernstorf-Questin IV**



**SHADOW - Karte**  
**Berechnung:**  
 GB Bernstorf-Questin IV Antrag II Var.1

Lizenziertes Anwender:  
**I17-Wind GmbH & Co. KG**  
 Robert-Koch-Str. 29  
 DE-25813 Husum  
 -  
 Dennis Kramer / dennis.kramer@i17-wind.de  
 Berechnet:  
 28.03.2022 09:23/3.5.576

0 500 1000 1500 2000 m  
 Karte: Open Street Map (EMD International A/S) , Maßstab 1:30,000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 33 Ost: 247,244 Nord: 5,971,115  
 Neue WEA \* Existierende WEA Schattenrezeptor  
 Höhe der Schattenkarte: Höhenraster-Objekt: 2112\_Bernstorf-Questin IV\_EMDGrid\_0.wpg (43)  
 Zeitschritt: 3 Minuten, Schrittweite: 7 Tag(e), Kartenaufösung: 20 m, Sichtbarkeit Auflösung: 10 m, Augenhöhe: 1.5 m



Projekt:  
**2112\_Bernstorf-Questin IV**

0 500 1000 1500 2000 m

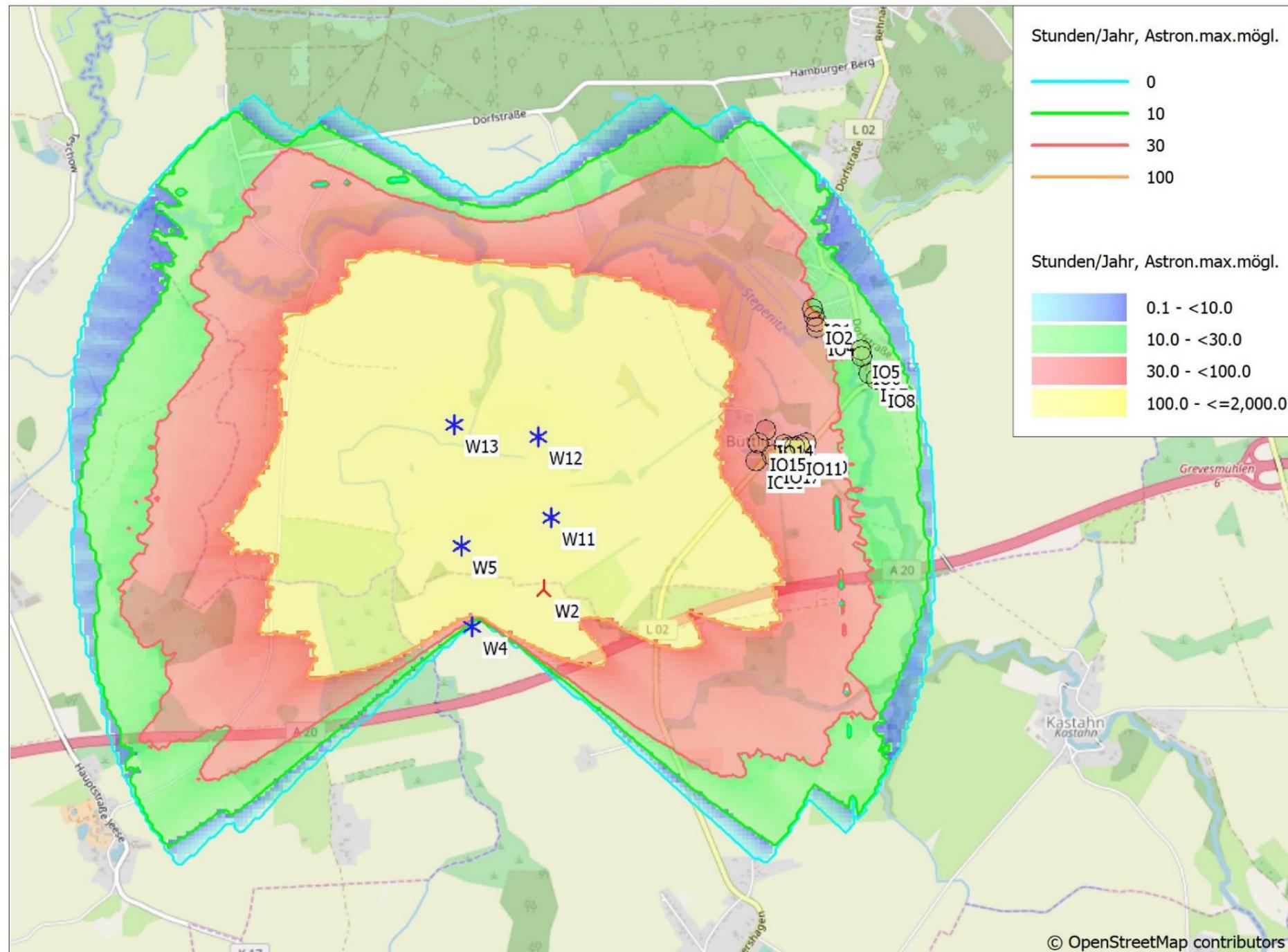
Karte: Open Street Map (EMD International A/S), Maßstab 1:30,000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 33 Ost: 247,244 Nord: 5,971,115  
 \* Neue WEA \* Existierende WEA \* Schattenrezeptor  
 Höhe der Schattenkarte: Höhenraster-Objekt: 2112\_Bernstorf-Questin IV\_EMDGrid\_0.wpg (43)  
 Zeitschritt: 3 Minuten, Schrittweite: 7 Tag(e), Kartenauflösung: 20 m, Sichtbarkeit Auflösung: 10 m, Augenhöhe: 1.5 m

**SHADOW - Karte**  
**Berechnung:**  
 GB Bernstorf-Questin IV Antrag II Var.1

Lizenziertes Anwender:  
**I17-Wind GmbH & Co. KG**  
 Robert-Koch-Str. 29  
 DE-25813 Husum  
 -  
 Dennis Kramer / dennis.kramer@i17-wind.de  
 Berechnet:  
 28.03.2022 09:23/3.5.576

# Anhang 1B / Übersichtskarte der Gesamtbelastung mit Iso-Schattenlinien (Gesamtdarstellung) Variante 2

Projekt:  
**2112\_Bernstorf-Questin IV**

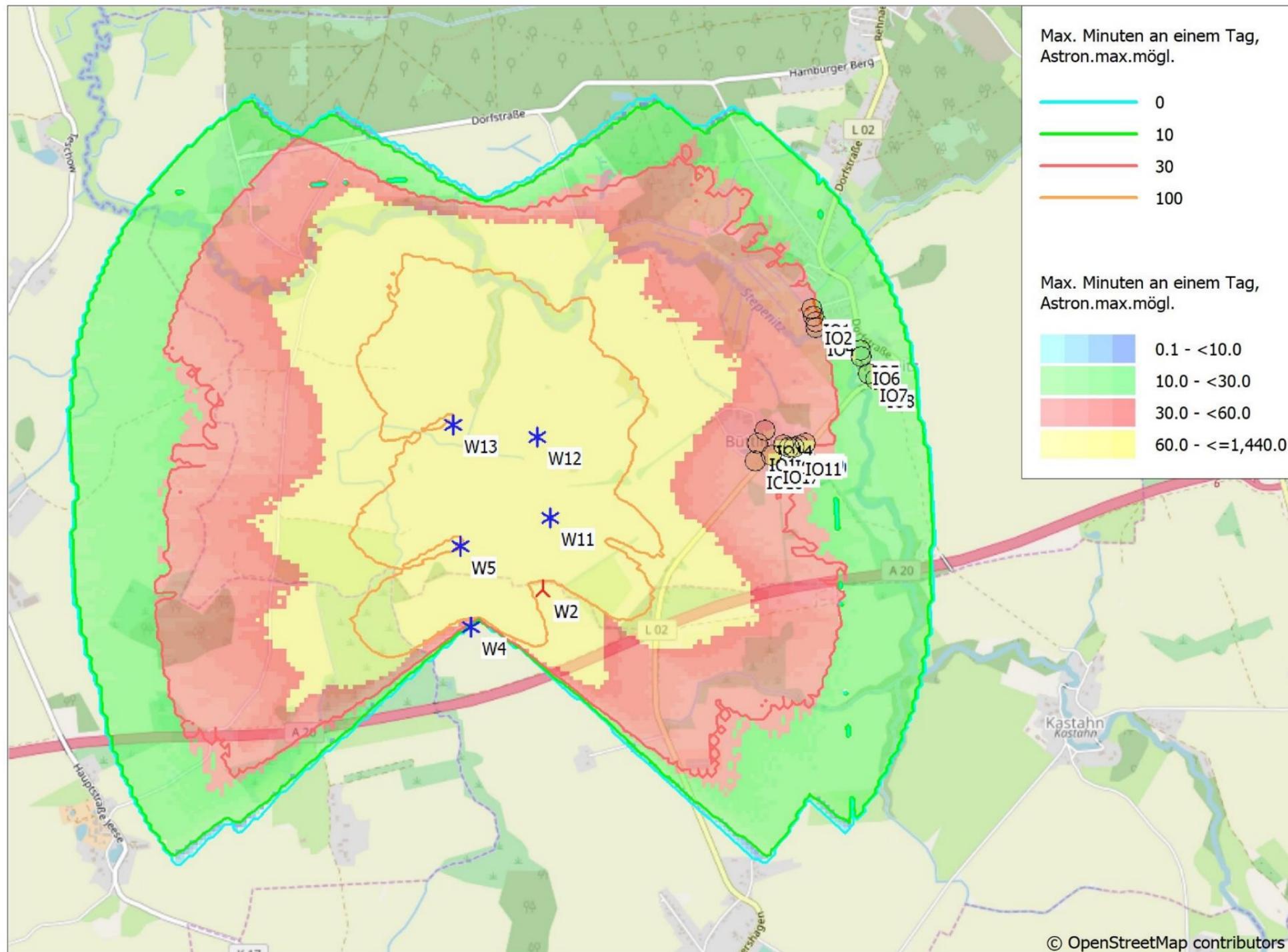


**SHADOW - Karte**  
**Berechnung:**  
 GB Bernstorf-Questin IV Antrag II Var.2

Lizenzierter Anwender:  
**I17-Wind GmbH & Co. KG**  
 Robert-Koch-Str. 29  
 DE-25813 Husum  
 -  
 Dennis Kramer / dennis.kramer@i17-wind.de  
 Berechnet:  
 28.03.2022 09:28/3.5.576

0 500 1000 1500 2000 m

Karte: Open Street Map (EMD International A/S), Maßstab 1:30,000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 33 Ost: 247,544 Nord: 5,971,415  
 Neue WEA \* Existierende WEA Schattenrezeptor  
 Höhe der Schattenkarte: Höhenraster-Objekt: 2112\_Bernstorf-Questin IV\_EMDGrid\_0.wpg (43)  
 Zeitschritt: 3 Minuten, Schrittweite: 7 Tag(e), Kartenaufösung: 20 m, Sichtbarkeit Auflösung: 10 m, Augenhöhe: 1.5 m



**SHADOW - Karte**

**Berechnung:**  
GB Bernstorf-Questin IV Antrag II Var.2

Lizenziertes Anwender:

**I17-Wind GmbH & Co. KG**  
Robert-Koch-Str. 29  
DE-25813 Husum

Dennis Kramer / dennis.kramer@i17-wind.de  
Berechnet:  
28.03.2022 09:28/3.5.576



Karte: Open Street Map (EMD International A/S), Maßstab 1:30,000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 33 Ost: 247,544 Nord: 5,971,415

▲ Neue WEA    \* Existierende WEA    ● Schattenrezeptor

Höhe der Schattenkarte: Höhenraster-Objekt: 2112\_Bernstorf-Questin IV\_EMDGrid\_0.wpg (43)

Zeitschritt: 3 Minuten, Schrittweite: 7 Tag(e), Kartenaufösung: 20 m, Sichtbarkeit Auflösung: 10 m, Augenhöhe: 1.5 m

# Anhang 2A / Hauptergebnis: Berechnungsergebnisse der Vorbelastung Variante 1

Projekt:

**2112\_Bernstorf-Questin IV**

Lizenzierter Anwender:

**I17-Wind GmbH & Co. KG**

Robert-Koch-Str. 29

DE-25813 Husum

-

Dennis Kramer / dennis.kramer@i17-wind.de

Berechnet:

28.03.2022 09:12/3.5.576

## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** VB Bernstorf-Questin IV Antrag II Var.1

### Annahmen für Schattenwurfberechnung

Beschattungsbereich der WEA

Schatten nur relevant, wo Rotorblatt mind. 20% der Sonne verdeckt

Siehe WEA-Tabelle

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

Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [HEILIGENDAMM]

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1.39	2.32	3.70	5.75	8.12	7.70	7.33	7.20	5.12	3.48	1.79	1.03

Betriebsstunden ermittelt aus WEA in Berechnung und Windverteilung:  
Wind Kunde

Betriebsdauer je Sektor

N	NNO	ONO	O	OSO	SSO	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Summe
424	389	441	755	701	524	696	1,227	1,314	999	561	385	8,417

Startwindgeschwindigkeit: Startwindgeschw. aus Leistungskennlinie

Eine WEA wird nicht berücksichtigt, wenn sie von keinem Teil der Rezeptorfläche aus sichtbar ist. Die Sichtbarkeitsberechnung basiert auf den folgenden Annahmen:

Verwendete Höhenlinien: Höhenraster-Objekt: 2112\_Bernstorf-Questin IV\_EM

Hindernisse in Berechnung verwendet

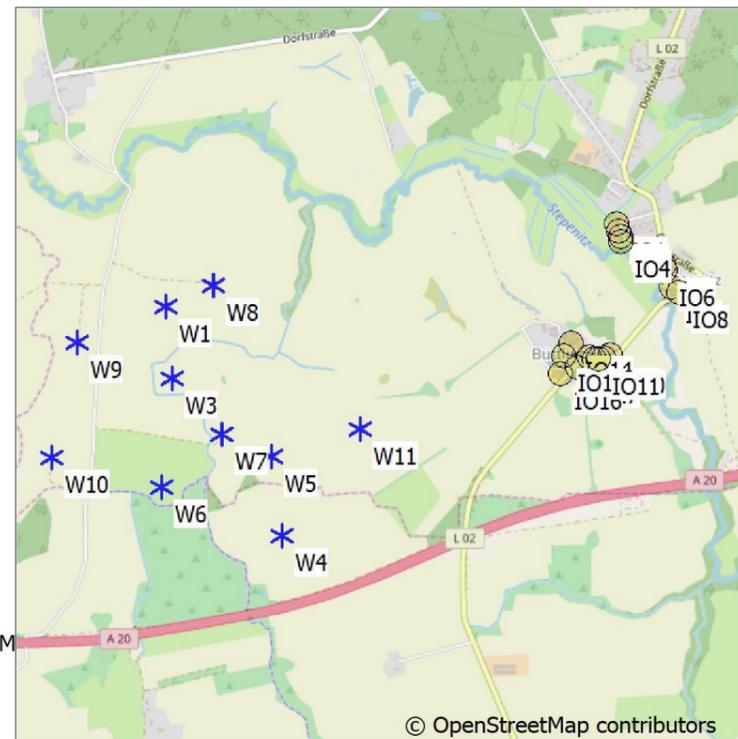
Rasterauflösung: 1.0 m

Alle Koordinatenangaben in:

UTM (north)-ETRS89 Zone: 33

### WEA

Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ		Typ	Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schattendaten	
				Aktuell	Hersteller					Beschatt.-Bereich	U/min
		[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]
1	246,216	5,971,983	23.2 W1	Nein	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.1	164.0	1,836	12.0
2	246,225	5,971,638	23.4 W3	Nein	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.1	164.0	1,836	12.0
3	246,717	5,970,850	25.7 W4	Nein	NORDEX	N163/6.X-6,800	6,800	163.0	164.0	1,784	10.1
4	246,687	5,971,233	26.9 W5	Nein	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.1	164.0	1,836	12.0
5	246,145	5,971,115	25.7 W6	Nein	NORDEX	N133/4.8-4,800	4,800	133.2	110.0	1,727	12.2
6	246,452	5,971,354	27.0 W7	Ja	KENERSYS	K82-2,000	2,000	82.0	80.0	1,504	17.1
7	246,449	5,972,073	26.2 W8	Ja	KENERSYS	K100-2,500	2,500	100.0	100.0	1,697	14.1
8	245,777	5,971,834	24.5 W9	Ja	KENERSYS	K110-2,400	2,400	109.0	95.0	1,731	12.8
9	245,622	5,971,287	25.8 W10	Ja	KENERSYS	K120-2,300	2,300	120.0	95.0	1,735	11.9
10	247,120	5,971,344	26.1 W11	Ja	GE WIND ENERGY	5.5-158 GT120-5,500	5,500	158.0	164.0	1,815	0.0



Maßstab 1:40,000  
\* Existierende WEA    Schattenrezeptor

### Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe	Neigung des	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
					[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
A	IO1	248,416	5,972,264	19.6	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
B	IO2	248,422	5,972,230	20.8	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
C	IO3	248,432	5,972,201	21.1	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
D	IO4	248,431	5,972,177	21.6	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
E	IO5	248,634	5,972,055	19.8	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
F	IO6	248,639	5,972,025	20.1	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
G	IO7	248,666	5,971,943	20.2	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
H	IO8	248,700	5,971,917	21.4	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
I	IO9	248,350	5,971,632	23.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
J	IO10	248,320	5,971,621	23.6	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
K	IO11	248,296	5,971,616	24.1	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
L	IO12	248,273	5,971,617	23.5	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
M	IO13	248,247	5,971,628	22.6	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
N	IO14	248,164	5,971,701	22.2	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
O	IO15	248,126	5,971,642	23.8	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
P	IO16	248,107	5,971,558	24.5	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
Q	IO17	248,188	5,971,584	23.2	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0

Projekt:  
**2112\_Bernstorf-Questin IV**

Lizenzierter Anwender:  
**I17-Wind GmbH & Co. KG**  
Robert-Koch-Str. 29  
DE-25813 Husum  
-  
Dennis Kramer / dennis.kramer@i17-wind.de  
Berechnet:  
28.03.2022 09:12/3.5.576

## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** VB Bernstorf-Questin IV Antrag II Var.1

### Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattungsdauer	
		Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr	Max.Schattendauer/Tag	Stunden/Jahr	Stunden/Jahr
		[h/a]	[d/a]	[h/d]	[h/a]	[h/a]
A	IO1	11:55	38	0:24	1:45	1:45
B	IO2	11:42	38	0:24	1:48	1:48
C	IO3	11:35	38	0:24	1:51	1:51
D	IO4	11:30	36	0:24	1:54	1:54
E	IO5	8:45	31	0:22	1:41	1:41
F	IO6	8:43	30	0:22	1:40	1:40
G	IO7	8:29	29	0:22	1:39	1:39
H	IO8	8:11	29	0:22	1:37	1:37
I	IO9	14:39	40	0:28	3:12	3:12
J	IO10	23:34	71	0:29	4:57	4:57
K	IO11	24:30	73	0:30	5:09	5:09
L	IO12	25:19	74	0:31	5:19	5:19
M	IO13	26:23	75	0:31	5:31	5:31
N	IO14	30:20	76	0:37	6:00	6:00
O	IO15	32:02	80	0:36	6:35	6:35
P	IO16	33:52	85	0:36	7:13	7:13
Q	IO17	29:11	79	0:33	6:11	6:11

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal	Erwartet
		[h/a]	[h/a]
1	W1	0:00	0:00
2	W3	0:00	0:00
3	W4	20:15	3:39
4	W5	18:11	3:48
5	W6	0:00	0:00
6	W7	0:00	0:00
7	W8	0:00	0:00
8	W9	0:00	0:00
9	W10	0:00	0:00
10	W11	71:25	14:02

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

Die Berechnung der Gesamtsumme für einen Rezeptor arbeitet mit einer gemittelten Richtungskorrektur für alle WEA, die an einem gegebenen Tag zur Beschattung beitragen. Wenn der Schattenwurf durch mehrere WEA an einem Tag nicht gleichzeitig stattfindet, kann die so ermittelte Summe geringfügig von der Summe der Beschattungszeiten abweichen, die für die individuellen WEA berechnet werden.

# Anhang 2B / Hauptergebnis: Berechnungsergebnisse der Vorbelastung Variante 2

Projekt:  
**2112\_Bernstorf-Questin IV**

Lizenziertes Anwender:  
**I17-Wind GmbH & Co. KG**  
Robert-Koch-Str. 29  
DE-25813 Husum  
-  
Dennis Kramer / dennis.kramer@i17-wind.de  
Berechnet:  
28.03.2022 09:17/3.5.576

## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** VB Bernstorf-Questin IV Antrag II Var.2  
**Annahmen für Schattenwurfberechnung**

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

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

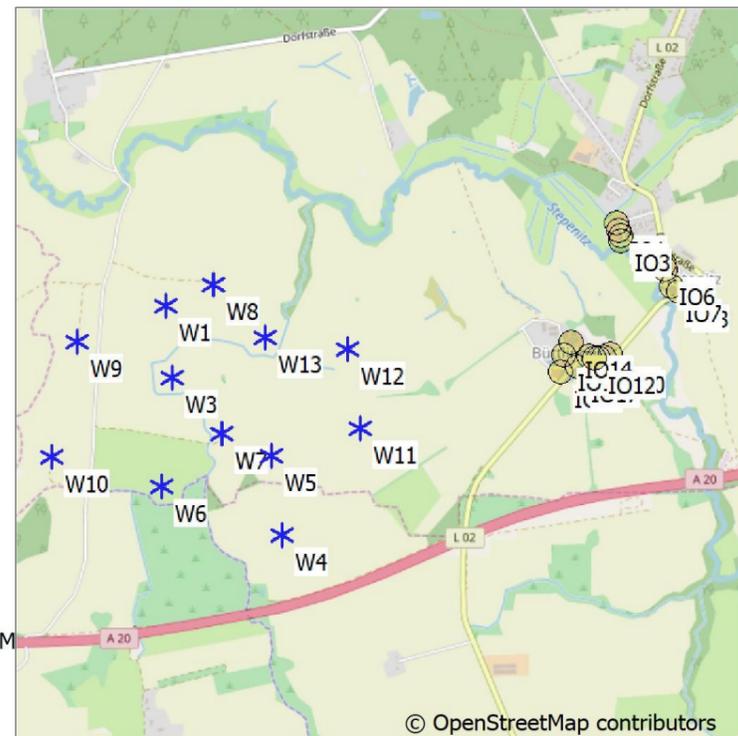
Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [HEILIGENDAMM]  
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez  
1.39 2.32 3.70 5.75 8.12 7.70 7.33 7.20 5.12 3.48 1.79 1.03

Betriebsstunden ermittelt aus WEA in Berechnung und Windverteilung:  
Wind Kunde

Betriebsdauer je Sektor  
N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe  
424 390 442 757 701 523 696 1,228 1,317 1,000 561 385 8,425  
Startwindgeschwindigkeit: Startwindgeschw. aus Leistungskennlinie

Eine WEA wird nicht berücksichtigt, wenn sie von keinem Teil der Rezeptorfläche aus sichtbar ist. Die Sichtbarkeitsberechnung basiert auf den folgenden Annahmen:  
Verwendete Höhenlinien: Höhenraster-Objekt: 2112\_Bernstorf-Questin IV\_EM  
Hindernisse in Berechnung verwendet  
Rasterauflösung: 1.0 m

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



Maßstab 1:40,000  
\* Existierende WEA    📍 Schattenrezeptor

### WEA

Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ		Typ	Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schattendaten	
				Aktuell	Hersteller					Beschatt.-Bereich	U/min
		[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]
1	246,216	5,971,983	23.2 W1	Nein	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.1	164.0	1,836	12.0
2	246,225	5,971,638	23.4 W3	Nein	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.1	164.0	1,836	12.0
3	246,717	5,970,850	25.7 W4	Nein	NORDEX	N163/6.X-6,800	6,800	163.0	164.0	1,784	10.1
4	246,687	5,971,233	26.9 W5	Nein	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.1	164.0	1,836	12.0
5	246,145	5,971,115	25.7 W6	Nein	NORDEX	N133/4.8-4,800	4,800	133.2	110.0	1,727	12.2
6	246,452	5,971,354	27.0 W7	Ja	KENERSYS	K82-2,000	2,000	82.0	80.0	1,504	17.1
7	246,449	5,972,073	26.2 W8	Ja	KENERSYS	K100-2,500	2,500	100.0	100.0	1,697	14.1
8	245,777	5,971,834	24.5 W9	Ja	KENERSYS	K110-2,400	2,400	109.0	95.0	1,731	12.8
9	245,622	5,971,287	25.8 W10	Ja	KENERSYS	K120-2,300	2,300	120.0	95.0	1,735	11.9
10	247,120	5,971,344	26.1 W11	Ja	GE WIND ENERGY	5.5-158 GT120-5,500	5,500	158.0	164.0	1,815	0.0
11	247,080	5,971,730	23.7 W12	Nein	GE WIND ENERGY	GE 5.3-158-5,300	5,300	158.0	161.0	1,816	9.7
12	246,686	5,971,808	21.6 W13	Nein	GE WIND ENERGY	GE 5.3-158-5,300	5,300	158.0	161.0	1,816	9.7

### Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
A	IO1	248,416	5,972,264	19.6	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
B	IO2	248,422	5,972,230	20.8	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
C	IO3	248,432	5,972,201	21.1	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
D	IO4	248,431	5,972,177	21.6	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
E	IO5	248,634	5,972,055	19.8	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
F	IO6	248,639	5,972,025	20.1	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
G	IO7	248,666	5,971,943	20.2	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
H	IO8	248,700	5,971,917	21.4	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
I	IO9	248,350	5,971,632	23.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
J	IO10	248,320	5,971,621	23.6	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
K	IO11	248,296	5,971,616	24.1	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
L	IO12	248,273	5,971,617	23.5	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
M	IO13	248,247	5,971,628	22.6	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
N	IO14	248,164	5,971,701	22.2	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:  
**2112\_Bernstorf-Questin IV**

Lizenzierter Anwender:  
**I17-Wind GmbH & Co. KG**  
Robert-Koch-Str. 29  
DE-25813 Husum  
-  
Dennis Kramer / dennis.kramer@i17-wind.de  
Berechnet:  
28.03.2022 09:17/3.5.576

## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** VB Bernstorf-Questin IV Antrag II Var.2

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
					[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
O	IO15	248,126	5,971,642	23.8	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
P	IO16	248,107	5,971,558	24.5	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
Q	IO17	248,188	5,971,584	23.2	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0

## Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattungsdauer	
		Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr	Max.Schattendauer/Tag	Stunden/Jahr	Stunden/Jahr
		[h/a]	[d/a]	[h/d]	[h/a]	[h/a]
A	IO1	29:41	84	0:39	5:21	5:21
B	IO2	29:26	82	0:40	5:26	5:26
C	IO3	29:07	82	0:40	5:29	5:29
D	IO4	29:07	79	0:41	5:34	5:34
E	IO5	17:26	60	0:23	3:33	3:33
F	IO6	17:23	59	0:23	3:33	3:33
G	IO7	16:58	58	0:23	3:34	3:34
H	IO8	16:12	57	0:22	3:27	3:27
I	IO9	30:55	77	0:35	7:23	7:23
J	IO10	40:36	110	0:34	9:24	9:24
K	IO11	42:13	113	0:35	9:48	9:48
L	IO12	43:43	116	0:35	10:10	10:10
M	IO13	45:46	117	0:37	10:38	10:38
N	IO14	53:56	120	0:43	12:01	12:01
O	IO15	56:26	127	0:41	13:06	13:06
P	IO16	58:58	137	0:37	14:05	14:05
Q	IO17	50:30	124	0:37	11:57	11:57

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal	Erwartet
		[h/a]	[h/a]
1	W1	0:00	0:00
2	W3	0:00	0:00
3	W4	20:15	3:40
4	W5	18:11	3:49
5	W6	0:00	0:00
6	W7	0:00	0:00
7	W8	0:00	0:00
8	W9	0:00	0:00
9	W10	0:00	0:00
10	W11	71:25	14:03
11	W12	82:52	19:49
12	W13	34:41	8:23

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

Die Berechnung der Gesamtsumme für einen Rezeptor arbeitet mit einer gemittelten Richtungskorrektur für alle WEA, die an einem gegebenen Tag zur Beschattung beitragen. Wenn der Schattenwurf durch mehrere WEA an einem Tag nicht gleichzeitig stattfindet, kann die so ermittelte Summe geringfügig von der Summe der Beschattungszeiten abweichen, die für die individuellen WEA berechnet werden.

# Anhang 3 / Hauptergebnis: Berechnungsergebnisse der Zusatzbelastung

Projekt:  
**2112\_Bernstorf-Questin IV**

Lizenziertes Anwender:  
**I17-Wind GmbH & Co. KG**  
Am Westersielzug 11  
DE-25840 Friedrichstadt  
-  
Dennis Kramer / dennis.kramer@i17-wind.de  
Berechnet:  
02.03.2022 11:57/3.5.576

## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** ZB Bernstorf-Questin IV Antrag II  
**Annahmen für Schattenwurfberechnung**

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

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

Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [HEILIGENDAMM]  
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez  
1.39 2.32 3.70 5.75 8.12 7.70 7.33 7.20 5.12 3.48 1.79 1.03

Betriebsstunden ermittelt aus WEA in Berechnung und Windverteilung:  
Wind Kunde

Betriebsdauer je Sektor  
N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe  
427 394 444 763 702 523 699 1,240 1,332 1,001 561 385 8,472  
Startwindgeschwindigkeit: Startwindgeschw. aus Leistungskennlinie

Eine WEA wird nicht berücksichtigt, wenn sie von keinem Teil der Rezeptorfläche aus sichtbar ist. Die Sichtbarkeitsberechnung basiert auf den folgenden Annahmen:  
Verwendete Höhenlinien: Höhenraster-Objekt: 2112\_Bernstorf-Questin IV\_EM  
Hindernisse in Berechnung verwendet  
Rasterauflösung: 1.0 m

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

### WEA

Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nenn-leistung	Rotordurchmesser	Nabenhöhe	Schattendaten	
				Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich	U/min
1	247,070	5,971,005	28.7 W2	Nein	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.1	164.0	1,836	12.0

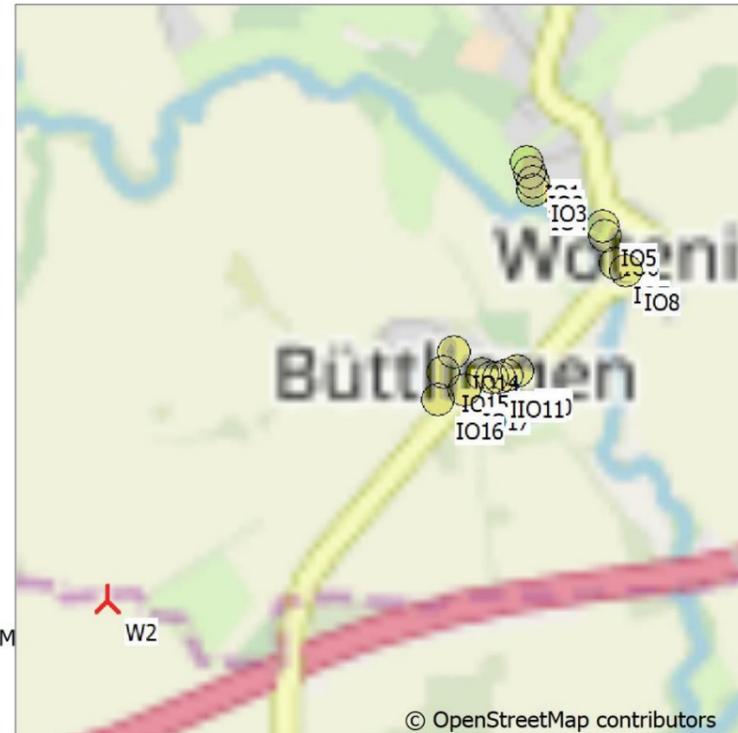
### Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
A	IO1	248,416	5,972,264	19.6	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
B	IO2	248,422	5,972,230	20.8	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
C	IO3	248,432	5,972,201	21.1	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
D	IO4	248,431	5,972,177	21.6	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
E	IO5	248,634	5,972,055	19.8	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
F	IO6	248,639	5,972,025	20.1	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
G	IO7	248,666	5,971,943	20.2	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
H	IO8	248,700	5,971,917	21.4	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
I	IO9	248,350	5,971,632	23.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
J	IO10	248,320	5,971,621	23.6	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
K	IO11	248,296	5,971,616	24.1	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
L	IO12	248,273	5,971,617	23.5	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
M	IO13	248,247	5,971,628	22.6	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
N	IO14	248,164	5,971,701	22.2	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
O	IO15	248,126	5,971,642	23.8	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
P	IO16	248,107	5,971,558	24.5	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
Q	IO17	248,188	5,971,584	23.2	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0

### Berechnungsergebnisse

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattungsdauer	
		Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr	Max.Schattendauer/Tag	Stunden/Jahr	Stunden/Jahr
A	IO1	0:00	0	0:00	0:00	0:00

(Fortsetzung nächste Seite)...



Maßstab 1:25,000  
Neue WEA Schattenrezeptor

Projekt:  
**2112\_Bernstorf-Questin IV**

Lizenzierter Anwender:  
**I17-Wind GmbH & Co. KG**  
Am Westersielzug 11  
DE-25840 Friedrichstadt  
-  
Dennis Kramer / dennis.kramer@i17-wind.de  
Berechnet:  
02.03.2022 11:57/3.5.576

## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** ZB Bernstorf-Questin IV Antrag II

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattungsdauer
		Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr	Max.Schattendauer/Tag	Stunden/Jahr
		[h/a]	[d/a]	[h/d]	[h/a]
B	IO2	11:31	44	0:20	1:27
C	IO3	11:05	43	0:20	1:25
D	IO4	10:51	42	0:20	1:23
E	IO5	0:00	0	0:00	0:00
F	IO6	0:00	0	0:00	0:00
G	IO7	0:00	0	0:00	0:00
H	IO8	0:00	0	0:00	0:00
I	IO9	10:34	33	0:25	2:03
J	IO10	11:06	35	0:25	2:09
K	IO11	11:29	35	0:25	2:14
L	IO12	11:52	35	0:26	2:18
M	IO13	12:12	36	0:26	2:21
N	IO14	14:01	40	0:27	2:28
O	IO15	14:54	40	0:29	2:44
P	IO16	15:29	41	0:30	3:00
Q	IO17	13:27	37	0:28	2:37

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal	Erwartet
		[h/a]	[h/a]
1	W2	46:04	7:38

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.

# Anhang 4A / Hauptergebnis: Berechnungsergebnisse der Gesamtbelastung Variante 1

Projekt:  
**2112\_Bernstorf-Questin IV**

Lizenziertes Anwender:  
**I17-Wind GmbH & Co. KG**  
Robert-Koch-Str. 29  
DE-25813 Husum  
-  
Dennis Kramer / dennis.kramer@i17-wind.de  
Berechnet:  
28.03.2022 09:23/3.5.576

## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** GB Bernstorf-Questin IV Antrag II Var.1  
**Annahmen für Schattenwurfberechnung**

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

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

Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [HEILIGENDAMM]  
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez  
1.39 2.32 3.70 5.75 8.12 7.70 7.33 7.20 5.12 3.48 1.79 1.03

Betriebsstunden ermittelt aus WEA in Berechnung und Windverteilung:  
Wind Kunde

Betriebsdauer je Sektor  
N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe  
428 394 444 761 702 524 701 1,241 1,329 1,000 561 386 8,470  
Startwindgeschwindigkeit: Startwindgeschw. aus Leistungskennlinie

Eine WEA wird nicht berücksichtigt, wenn sie von keinem Teil der Rezeptorfläche aus sichtbar ist. Die Sichtbarkeitsberechnung basiert auf den folgenden Annahmen:  
Verwendete Höhenlinien: Höhenraster-Objekt: 2112\_Bernstorf-Questin IV\_EM  
Hindernisse in Berechnung verwendet  
Rasterauflösung: 1.0 m

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



Maßstab 1:40,000  
Neue WEA Existierende WEA Schattenrezeptor

## WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ		Typ	Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller					Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]
1	247,070	5,971,005	28.7	W2	Nein	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.1	164.0	1,836	12.0
2	246,717	5,970,850	25.7	W4	Nein	NORDEX	N163/6.X-6,800	6,800	163.0	164.0	1,784	10.1
3	246,687	5,971,233	26.9	W5	Nein	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.1	164.0	1,836	12.0
4	247,120	5,971,344	26.1	W11	Ja	GE WIND ENERGY	5.5-158 GT120-5,500	5,500	158.0	164.0	1,815	0.0

## Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
A	IO1	248,416	5,972,264	19.6	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
B	IO2	248,422	5,972,230	20.8	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
C	IO3	248,432	5,972,201	21.1	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
D	IO4	248,431	5,972,177	21.6	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
E	IO5	248,634	5,972,055	19.8	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
F	IO6	248,639	5,972,025	20.1	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
G	IO7	248,666	5,971,943	20.2	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
H	IO8	248,700	5,971,917	21.4	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
I	IO9	248,350	5,971,632	23.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
J	IO10	248,320	5,971,621	23.6	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
K	IO11	248,296	5,971,616	24.1	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
L	IO12	248,273	5,971,617	23.5	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
M	IO13	248,247	5,971,628	22.6	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
N	IO14	248,164	5,971,701	22.2	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
O	IO15	248,126	5,971,642	23.8	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
P	IO16	248,107	5,971,558	24.5	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
Q	IO17	248,188	5,971,584	23.2	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0

Projekt:  
**2112\_Bernstorf-Questin IV**

Lizenzierter Anwender:  
**I17-Wind GmbH & Co. KG**  
Robert-Koch-Str. 29  
DE-25813 Husum  
-  
Dennis Kramer / dennis.kramer@i17-wind.de  
Berechnet:  
28.03.2022 09:23/3.5.576

## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** GB Bernstorf-Questin IV Antrag II Var.1

### Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattungsdauer	
		Stunden/Jahr [h/a]	Schattentage/Jahr [d/a]	Max.Schattendauer/Tag [h/d]	Stunden/Jahr [h/a]	Stunden/Jahr [h/a]
A	IO1	11:55	38	0:24	1:45	1:45
B	IO2	23:13	76	0:24	3:15	3:15
C	IO3	22:40	75	0:24	3:17	3:17
D	IO4	22:21	74	0:24	3:18	3:18
E	IO5	8:45	31	0:22	1:41	1:41
F	IO6	8:43	30	0:22	1:41	1:41
G	IO7	8:29	29	0:22	1:40	1:40
H	IO8	8:11	29	0:22	1:37	1:37
I	IO9	25:13	73	0:28	5:17	5:17
J	IO10	28:32	79	0:29	5:57	5:57
K	IO11	29:47	80	0:30	6:13	6:13
L	IO12	30:56	82	0:31	6:27	6:27
M	IO13	32:22	82	0:31	6:43	6:43
N	IO14	38:58	82	0:37	7:35	7:35
O	IO15	40:45	87	0:36	8:14	8:14
P	IO16	42:10	95	0:36	8:53	8:53
Q	IO17	35:56	88	0:33	7:32	7:32

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal Erwartet	
		[h/a]	[h/a]
1	W2	46:04	7:38
2	W4	20:15	3:41
3	W5	18:11	3:50
4	W11	71:25	14:07

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

*Die Berechnung der Gesamtsumme für einen Rezeptor arbeitet mit einer gemittelten Richtungskorrektur für alle WEA, die an einem gegebenen Tag zur Beschattung beitragen. Wenn der Schattenwurf durch mehrere WEA an einem Tag nicht gleichzeitig stattfindet, kann die so ermittelte Summe geringfügig von der Summe der Beschattungszeiten abweichen, die für die individuellen WEA berechnet werden.*

Projekt:

**2112\_Bernstorf-Questin IV**

Lizenziertes Anwender:

**I17-Wind GmbH & Co. KG**

Robert-Koch-Str. 29  
DE-25813 Husum

Dennis Kramer / dennis.kramer@i17-wind.de

Berechnet:

28.03.2022 09:28/3.5.576

## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** GB Bernstorf-Questin IV Antrag II Var.2

### Annahmen für Schattenwurfberechnung

Beschattungsbereich der WEA

Schatten nur relevant, wo Rotorblatt mind. 20% der Sonne verdeckt

Siehe WEA-Tabelle

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

Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [HEILIGENDAMM]

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1.39	2.32	3.70	5.75	8.12	7.70	7.33	7.20	5.12	3.48	1.79	1.03

Betriebsstunden ermittelt aus WEA in Berechnung und Windverteilung:  
Wind Kunde

Betriebsdauer je Sektor

N	NNO	ONO	O	OSO	SSO	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Summe
427	394	445	762	702	523	699	1,239	1,330	1,003	561	385	8,469

Startwindgeschwindigkeit: Startwindgeschw. aus Leistungskennlinie

Eine WEA wird nicht berücksichtigt, wenn sie von keinem Teil der Rezeptorfläche aus sichtbar ist. Die Sichtbarkeitsberechnung basiert auf den folgenden Annahmen:

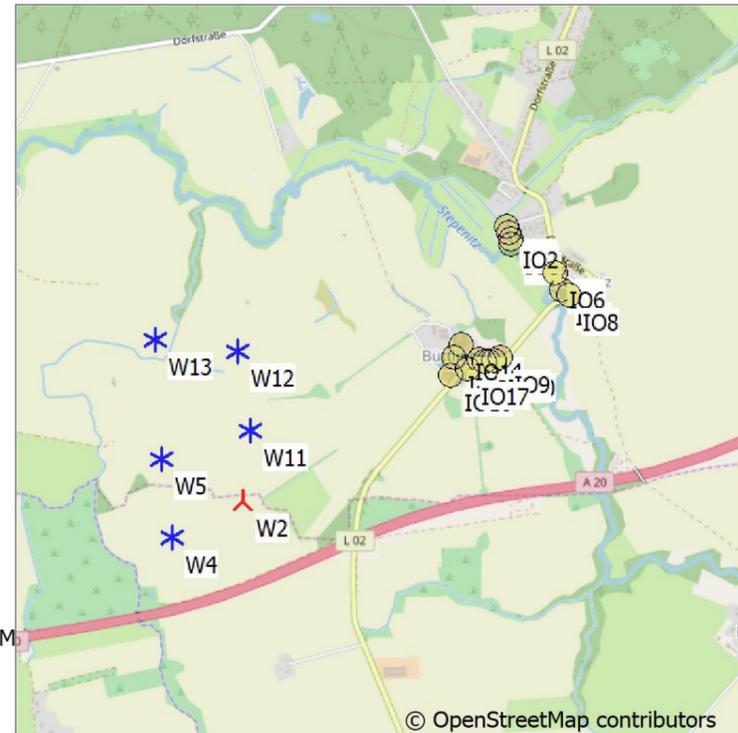
Verwendete Höhenlinien: Höhenraster-Objekt: 2112\_Bernstorf-Questin IV\_EM

Hindernisse in Berechnung verwendet

Rasterauflösung: 1.0 m

Alle Koordinatenangaben in:

UTM (north)-ETRS89 Zone: 33



Maßstab 1:40,000  
▲ Neue WEA    ✱ Existierende WEA    ● Schattenrezeptor

### WEA

Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ		Typ	Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schattendaten	
				Aktuell	Hersteller					Beschatt.-Bereich	U/min
		[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]
1	247,070	5,971,005	28.7 W2	Nein	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.1	164.0	1,836	12.0
2	246,717	5,970,850	25.7 W4	Nein	NORDEX	N163/6.X-6,800	6,800	163.0	164.0	1,784	10.1
3	246,687	5,971,233	26.9 W5	Nein	NORDEX	N149/5.X-5,700	5,700	149.1	164.0	1,836	12.0
4	247,120	5,971,344	26.1 W11	Ja	GE WIND ENERGY	5.5-158 GT120-5,500	5,500	158.0	164.0	1,815	0.0
5	247,080	5,971,730	23.7 W12	Nein	GE WIND ENERGY	GE 5.3-158-5,300	5,300	158.0	161.0	1,816	9.7
6	246,686	5,971,808	21.6 W13	Nein	GE WIND ENERGY	GE 5.3-158-5,300	5,300	158.0	161.0	1,816	9.7

### Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
A	IO1	248,416	5,972,264	19.6	[m]	[m]	[m]	[°]	"Gewächshaus-Modus"	[m]
B	IO2	248,422	5,972,230	20.8	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
C	IO3	248,432	5,972,201	21.1	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
D	IO4	248,431	5,972,177	21.6	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
E	IO5	248,634	5,972,055	19.8	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
F	IO6	248,639	5,972,025	20.1	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
G	IO7	248,666	5,971,943	20.2	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
H	IO8	248,700	5,971,917	21.4	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
I	IO9	248,350	5,971,632	23.0	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
J	IO10	248,320	5,971,621	23.6	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
K	IO11	248,296	5,971,616	24.1	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
L	IO12	248,273	5,971,617	23.5	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
M	IO13	248,247	5,971,628	22.6	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
N	IO14	248,164	5,971,701	22.2	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
O	IO15	248,126	5,971,642	23.8	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
P	IO16	248,107	5,971,558	24.5	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0
Q	IO17	248,188	5,971,584	23.2	0.1	0.1	2.0	0.0	"Gewächshaus-Modus"	2.0

Projekt:  
**2112\_Bernstorf-Questin IV**

Lizenzierter Anwender:  
**I17-Wind GmbH & Co. KG**  
Robert-Koch-Str. 29  
DE-25813 Husum  
-  
Dennis Kramer / dennis.kramer@i17-wind.de  
Berechnet:  
28.03.2022 09:28/3.5.576

## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** GB Bernstorf-Questin IV Antrag II Var.2

### Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattungsdauer	
		Stunden/Jahr [h/a]	Schattentage/Jahr [d/a]	Max.Schattendauer/Tag [h/d]	Stunden/Jahr [h/a]	
A	IO1	29:41	84	0:39	5:22	
B	IO2	40:57	120	0:40	6:55	
C	IO3	40:12	119	0:40	6:56	
D	IO4	39:58	117	0:41	7:00	
E	IO5	17:26	60	0:23	3:34	
F	IO6	17:23	59	0:23	3:35	
G	IO7	16:58	58	0:23	3:36	
H	IO8	16:12	57	0:22	3:28	
I	IO9	41:29	110	0:35	9:30	
J	IO10	45:34	118	0:34	10:25	
K	IO11	47:30	120	0:35	10:54	
L	IO12	49:20	124	0:35	11:20	
M	IO13	51:45	124	0:37	11:51	
N	IO14	62:34	126	0:43	13:37	
O	IO15	65:09	134	0:41	14:48	
P	IO16	67:16	147	0:37	15:47	
Q	IO17	57:15	133	0:37	13:20	

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal	Erwartet
		[h/a]	[h/a]
1	W2	46:04	7:38
2	W4	20:15	3:41
3	W5	18:11	3:50
4	W11	71:25	14:08
5	W12	82:52	19:55
6	W13	34:41	8:25

*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.*

*Die Berechnung der Gesamtsumme für einen Rezeptor arbeitet mit einer gemittelten Richtungskorrektur für alle WEA, die an einem gegebenen Tag zur Beschattung beitragen. Wenn der Schattenwurf durch mehrere WEA an einem Tag nicht gleichzeitig stattfindet, kann die so ermittelte Summe geringfügig von der Summe der Beschattungszeiten abweichen, die für die individuellen WEA berechnet werden.*

## Anhang 5 / Fotodokumentation der Immissionsorte

Nr.	Immissionspunkte	Foto / Bemerkung
IO1	Siedlerweg 13, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	
IO2	Siedlerweg 11, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	
IO3	Siedlerweg 12a, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz	

<p>IO4</p>	<p>Siedlerweg 12, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz</p>	
<p>IO5</p>	<p>Dorfstr. 40, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz</p>	
<p>IO6</p>	<p>Dorfstr. 43a, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz</p>	

<p>107</p>	<p>Dorfstr. 43, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz</p>	
<p>108</p>	<p>Dorfstr. 42, 23936 Grevesmühlen OT Wotenitz</p>	
<p>109</p>	<p>Dorfstr. 1, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen</p>	

<p>IO10</p>	<p>Dorfstr. 2, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen</p>	
<p>IO11</p>	<p>Dorfstr. 3, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen</p>	
<p>IO12</p>	<p>Dorfstr. 4, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen</p>	

<p>IO13</p>	<p>Dorfstr. 5, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen</p>	
<p>IO14</p>	<p>Dorfstr. 6, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen</p>	
<p>IO15</p>	<p>Dorfstr. 7, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen</p>	

IO16	Dorfstr. 8, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	
IO17	Dorfstr. 10, 23936 Grevesmühlen OT Büttlingen	