

Schattenwurfanalyse

für den Neubau und Betrieb
von zwei Windenergieanlagen
des Typs

Nordex N149/5.X und N163/6.X

für den Standort
Fürstenberg-Röhregrund

Auftraggeber

Energieplan Ost West GmbH & Co.KG
Graf-Zeppelin-Str. 69
33181 Bad Wünnenberg

Auftragnehmer

Lackmann Phymetric GmbH
Vattmannstr. 6
33100 Paderborn

Berichtnr.: LaPh-2023-101

Datum: 28.04.2023

Ergebnisüberblick

Die Energieplan Ost West GmbH & Co.KG plant im Außenbereich der Gemeinde Bad Wünnenberg in der Gemarkung Fürstenberg den Neubau und Betrieb von insgesamt zwei Windenergieanlagen des Herstellers Nordex.

Eine WEA vom Typ N149/5.X wird mit einer Nabenhöhe von 164,0 m und einer Nennleistung von 5.700 kW beantragt. Eine WEA vom Typ N163/6.X wird mit einer Nabenhöhe von 164,0 m und einer Nennleistung von 6.800 kW beantragt.

Um eine erhebliche Belästigung durch Schattenwurf auf umliegende Immissionsorte zu vermeiden, wird in der vorliegenden Schattenwurfprognose der potenzielle Schattenwurf der antragsgegenständlichen WEA untersucht. Die Berechnung wird mittels der EMD-Software WindPro durchgeführt, die auf Grundlage des Sonnenstands im Tages- und Jahresverlauf den Gang des Schattens des WEA-Rotors simuliert. Dabei wird als worst-case Methode die astronomisch maximal mögliche Schattenwurfdauer berechnet. Als Richtwert wird gemäß [2] eine maximale Beschattungsdauer von 30 Stunden pro Jahr sowie 30 Minuten am Tag angenommen.

Die Immissionspunkte für die Berechnungen wurden an die nächstgelegenen Wohnhäuser gesetzt (nächstgelegene Hauswand zur WEA). Insgesamt wurden 11 Immissionspunkte betrachtet. In der Programmierung der Abschaltvorrichtung sind alle betroffenen Immissionspunkte aufzunehmen. Als Vorbelastung werden die WEA in der Umgebung der antragsgegenständlichen WEA in den Berechnungen berücksichtigt.

Durch die WEA in der Umgebung sind 9 der insgesamt 11 betrachteten Immissionsorte bereits durch Schattenwurf vorbelastet. An 7 der insgesamt 11 betrachteten Immissionsorten werden die Richtwerte durch die Vorbelastung überschritten. Die Anlagen der Zusatzbelastung führen an 10 der insgesamt 11 untersuchten Immissionsorten zu zusätzlichem Schattenwurf.

Als Ergebnis der Schattenwurfprognose ist festzuhalten, dass beide antragsgegenständlichen WEA mit einem Schattenwurfabschaltmodul auszustatten sind, um Richtwertüberschreitungen an umliegenden Immissionsorten zu vermeiden.

Unter Berücksichtigung der Abschaltungen werden die Richtwerte von 30 Stunden pro Jahr und 30 Minuten pro Tag an allen Immissionspunkten im Einwirkungsbereich der Neuplanung eingehalten.

Paderborn, den 28. April 2023



Dr.-Ing. Jan Lackmann



Tido Hagen, B. Eng.

Inhaltsverzeichnis

Ergebnisüberblick	2
Inhaltsverzeichnis	3
Aufgabenbeschreibung	4
Projektübersicht	5
Grundlagen zum Nachweis von Schattenwurf	10
Eingangsparameter der Berechnung	11
Vorbelastung	12
Zusatzbelastung	18
<i>Zusatzbelastung WEA 1 – N149/5.X</i>	22
<i>Zusatzbelastung WEA 2 – N163/6.X</i>	25
Gesamtbelastung	28
Abschlussbetrachtung	32
Literaturverzeichnis	33
Anhang	34

Aufgabenbeschreibung

Die Energieplan Ost West GmbH & Co.KG plant im Außenbereich der Gemeinde Bad Wünnenberg in der Gemarkung Fürstenberg den Neubau und Betrieb von insgesamt zwei Windenergieanlagen des Herstellers Nordex.

Eine WEA vom Typ N149/5.X wird mit einer Nabenhöhe von 164,0 m und einer Nennleistung von 5.700 kW beantragt. Eine WEA vom Typ N163/6.X wird mit einer Nabenhöhe von 164,0 m und einer Nennleistung von 6.800 kW beantragt.

Bei dem Betrieb von Windenergieanlagen kann bei ausreichendem Sonnenschein durch den betriebsbedingt bewegten Rotor periodischer Schattenwurf entstehen, der im Sinne des BImSchG als Immission einzuordnen ist. [1] Lichtdurchlässige Bereiche von Wohnhäusern wie Wohn-, Schlaf- oder Büroräumen sowie an Gebäuden beginnende Außenflächen wie Terrassen oder Balkone können durch potenziellen periodischen Schattenwurf betroffen sein und gelten in diesem Bezug als schutzwürdige Räume. [2]

Periodischer Schattenwurf bei WEA tritt nur unter bestimmten Wetterbedingungen auf und ist damit abhängig von Sonnenstand, Sonneneinstrahlung sowie Windgeschwindigkeit. Des Weiteren sind Tages- und Nachtzeit, WEA-Ausrichtung und WEA- und Rezeptor-Standort entscheidende Faktoren.

Periodischer Schattenwurf kann bei Menschen das Wohlbefinden innerhalb der schutzwürdigen Räume beeinflussen. Um eine erhebliche Belästigung durch Schattenwurf auf umliegende Immissionsorte zu vermeiden, wird im Folgenden der potenzielle Schattenwurf der antragsgegenständlichen WEA untersucht. Die Berechnung wird mittels der EMD-Software WindPro durchgeführt, die auf Grundlage des Sonnenstands im Tages- und Jahresverlauf den Gang des Schattens des WEA-Rotors simuliert.

Auf Grundlage der Berechnungen wird die Einhaltung der Richtwerte von max. 30 min/Tag und 30 h/Jahr der astronomisch maximal möglichen Beschattungsdauer überprüft und daran bewertet, ob ein Schattenwurfabschaltmodul an der betreffenden WEA installiert werden muss.

Die Immissionspunkte für die Berechnungen wurden an die nächstgelegenen Wohnhäuser gesetzt (nächstgelegene Hauswand zur WEA). In der Programmierung der Abschaltvorrichtung sind alle betroffenen Immissionspunkte aufzunehmen. Als Vorbelastung werden die WEA in der Umgebung der antragsgegenständlichen WEA in den Berechnungen berücksichtigt.

Eine detaillierte Projektübersicht sowie die Berechnungsergebnisse des zu erwartenden Schattenwurfs sind im Folgenden dargestellt.

Projektübersicht

In dem WindPro-Modell wird als **Zusatzbelastung** die Neuplanung am Standort Fürstenberg mit folgenden Daten berücksichtigt (P = Nennleistung [kW], RD = Rotordurchmesser [m], NH = Nabenhöhe [m]):

WEA	Ost	Nord	Z [m]	Typ	P	RD	NH
WEA 1	485.763	5.707.208	366,2	N149/5.X	5700	149	164
WEA 2	485.172	5.707.245	362,7	N163/6.X	6800	163	164

Die Standorte der antragsgegenständlichen WEA sind in Abbildung 1 dargestellt.

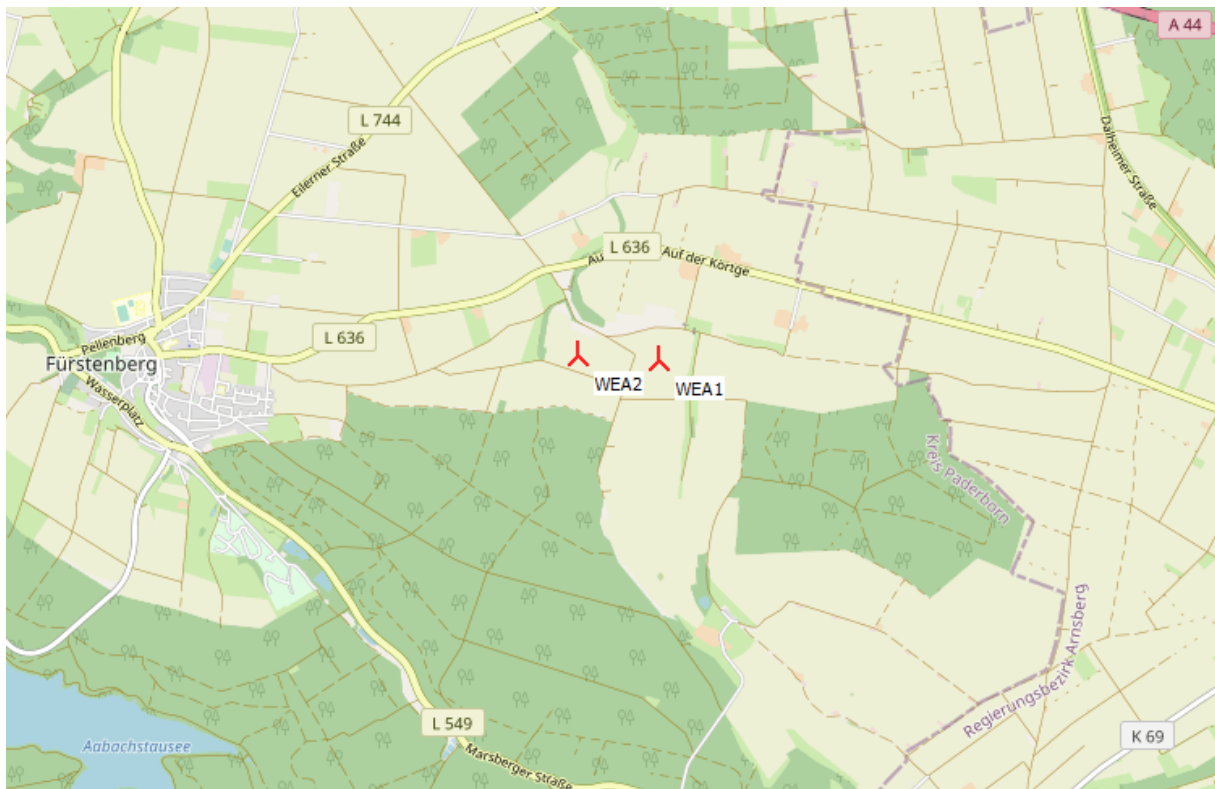


Abbildung 1: Standort Fürstenberg (Neuplanung: rot, Bestand: blau)

Als **Vorbelastung** werden die folgenden WEA berücksichtigt. Die Daten der Vorbelastung wurden von den Genehmigungsbehörden (Kreis Paderborn und Hochsauerlandkreis) zur Verfügung gestellt.

WEA	Aktenzeichen	Anlagentyp	Ost	Nord	Z [m]	NH [m]
FUE1	40787-16 (01)	ENERCON E-115 mit G2	487.413	5.707.474	377,9	149,1
FUE2	40787-16 (02)	ENERCON E-126 EP4	487.165	5.706.957	380	135,0
KOE1	00299-11-14 A	ENERCON E-82 E2 TES	485.679	5.708.716	341,4	138,4
KOE2	00299-11-14 B	ENERCON E-82 E2 TES	486.259	5.708.749	350,8	138,4
KOE3	00299-11-14 C	ENERCON E-82 E2 TES	485.888	5.708.332	354,1	138,4
KOE5	41383-16 (05)	ENERCON E-82 E2 TES	485.682	5.708.501	344,9	138,4
KOE6	40840-22 (06)	ENERCON E-115 EP3 E3	486.498	5.708.544	357,7	149,0
KOE7	00299-11-14 D	ENERCON E-82 E2	486.930	5.709.284	345,1	138,4
M116	40438-2018	E-138 EP3/ENERCON - 4000	489.341	5.705.519	430,5	160,0

WEA	Aktenzeichen	Anlagentyp	Ost	Nord	Z [m]	NH [m]
M117	40422-2018	E-138 EP3/ENERCON - 4000	488.596	5.706.432	412,2	160,0
M118	40407-2018	E-138 EP3/Enercon - 4000	489.427	5.706.092	416,3	160,0
M120	40590-2018	E-138 EP3/ENERCON - 4000	488.119	5.706.515	399,3	160,0
M121	40522-2018	E-138 EP3/ENERCON - 4000	489.078	5.704.835	427,7	130,5
M122	40046-2019	E-138 EP3/ENERCON - 4000	488.541	5.706.054	420,4	160,0
M123	40427-2019	E-126 EP3 MST/ENERCON - 4000	489.152	5.707.285	386,7	135,3
M124	40322-2020	E-138 EP3 E2/ENERCON - 4200	488.584	5.707.684	377,3	160,0
M125	40426-2019	E-138 EP3 E2/ENERCON - 4200	487.343	5.708.129	368,8	160,0
M126	40428-2019	E-138 EP3 E2/ENERCON - 4200	487.145	5.708.417	363,1	160,0
M127	40430-2019	E-126 EP3 MST/ENERCON - 4000	489.127	5.707.602	385,4	135,3
M128	40429-2019	E-138 EP3 E2/ENERCON - 4200	487.570	5.708.630	355	160,0
M129	40424-2019	E-138 EP3 EP2/ENERCON - 4200	487.559	5.707.825	375	160,0
M130	40560-2018	E-138 EP3/ENERCON - 4000	488.852	5.705.195	428,1	160,0
M131	40392-2018	E-138 EP3/Enercon - 4000	489.239	5.706.502	404,3	160,0
M132	40519-2018	E-138 EP3/ENERCON - 4000	488.940	5.705.950	424,1	160,0
M133	40569-2018	E-103 EP2/ENERCON - 2350	488.572	5.704.712	424,2	138,4
M137		E-66/18.70/Enercon - 1800	487.658	5.707.330	381,7	98,0
M146	40166-2015	E-126 EP4/Enercon - 4200	489.214	5.706.973	398,4	135,0
M150	G100/06	E 82/Enercon - 2000	486.760	5.708.784	353,3	98,3
M151	G07/08	E-53/Enercon - 800	487.843	5.707.949	373,3	75,6
M152	G06/08	E 53/Enercon - 800	488.594	5.707.508	382	75,6
M153		V-66/Vestas - 500	487.360	5.709.328	353,5	65,0
M154	40118-2012	E-53/Enercon - 800	488.569	5.707.028	393,6	73,3
M159	40282-2019-1	E-138 EP3 E2/Enercon - 4200	487.852	5.707.613	379,6	160,0
M160	40282-2019-2	E-138 EP3 E2/Enercon - 4200	487.133	5.708.778	348,3	160,0
M162	40282-2019-3	E-138 EP3 E2/Enercon - 4200	487.700	5.708.176	367,5	160,0
M163	40514-2016	E-92/Enercon - 2350	486.757	5.708.430	361,1	138,4
M164	40219-2016-1	E-126 EP3 MST/ENERCON - 4000	488.278	5.706.973	391,7	135,3
M165	40219-2016-2	E-126 EP3 MST/ENERCON - 4000	487.856	5.707.032	384,2	135,3
M167	40082-2019-1	E-138 EP3/Enercon - 4000	487.396	5.708.450	360,9	159,6
M168	40082-2019-2	E-138 EP3 E2/Enercon - 4200	488.126	5.708.050	370,7	160,0
M169	40282-2019-3	E-138 EP3 E2/Enercon - 4200	488.509	5.707.988	369,6	160,0
M170	40270-2018-1	N-131/Nordex - 3300	487.230	5.709.739	348	164,0
M176	40270-2018-2	N-149/Nordex - 4500	487.986	5.708.752	364,1	164,0
M177	40270-2018-3	N-149/Nordex - 4500	487.455	5.709.514	353	164,0
M181	40270-2018-6	N-149/Nordex - 4500	488.429	5.708.414	366,5	164,0
M182	40084-2018	E-126 EP3 MST/Enercon - 4000	486.891	5.708.115	367,4	135,3

WEA	Aktenzeichen	Anlagentyp	Ost	Nord	Z [m]	NH [m]
M183	40270-2018-7	N-149/Nordex - 4500	487.651	5.709.117	360	164,0
M186	40013-2020	E-138 EP3 E2/Enercon - 4200	488.281	5.707.505	377,6	160,0
M187	40219-2016	E-126 EP3 MST/Enercon - 4000	487.180	5.707.808	373,2	135,3
M188	40013-2020	E-138 EP3 E2/Enercon - 4200	488.710	5.707.414	385,6	160,0
M189	40273-2019	E-126 EP3 MST/ENERCON - 4000	488.805	5.706.937	399,4	135,3
M190	40397-2020	N-149/Nordex - 5700	487.995	5.708.375	360,6	164,0
M192	40426-2020	N-149/Nordex - 5700	487.355	5.709.183	354,3	164,0
M194	40131-2021	E-138 P3 E2 - 4200	488.004	5.707.318	382,1	160,0
M195	40135-2021	E-138 P3 E2 - 4200	488.483	5.706.736	401,4	160,0
Schuette1	00181-13-14 (1)	ENERCON E-82 E2	485.460	5.706.529	381,2	138,4
Schuette2	00181-13-14 (2)	ENERCON E-82 E2	485.439	5.706.277	384,5	138,4
SH1	40946-16 (SH1)	Enercon E-115	488.473	5.705.480	426,9	149,0
SH2	40947-16 (SH2)	Enercon E-115	488.324	5.704.959	416,2	149,0
WB01	40965-21 (WEA 01)	ENERCON E-138 EP3 E2	487.106	5.705.501	408,8	160,0
WB02	41360-16, 40966-2102	ENERCON E-138 EP3 E2	487.360	5.705.150	417,7	130,1
WB03	40965-21 (WEA 03)	ENERCON E-138 EP3 E2	487.781	5.705.060	415,4	160,0
WB04	40967-21 (WEA 04)	ENERCON E-160 EP5 E3	487.992	5.704.732	431,3	166,6
WB05	40965-21 (WEA 05)	ENERCON E-138 EP3 E2	487.541	5.704.780	417,2	160,0
WB06	41361-16 (WEA 06)	ENERCON E-126 EP3	486.781	5.705.033	405,7	135,3
WB07	40965-21 (WEA 07)	ENERCON E-138 EP3 E2	486.919	5.704.759	400,9	130,1
WB08	40967-21 (WEA 08)	ENERCON E-138 EP3 E3	487.131	5.704.490	423,1	160,0
WB09	40967-21 (WEA 09)	ENERCON E-160 EP5 E3	487.597	5.704.446	432,3	166,6

Als **Immissionsorte** werden die Schattenrezeptoren in der folgenden Tabelle berücksichtigt. Jeder Rezeptor wird mit den Maßen (Breite 0,1m x Höhe 0,1m x Höhe über Grund 2m) sowie einer Fensterneigung von 0° im Gewächshausmodus gemäß [2] angenommen. Die Immissionsorte werden in den Abbildungen 2 bis 4 dargestellt.

In Abbildung 4 ist der gesamte Projektinhalt in einer Übersicht dargestellt.

Immissionsort	Beschreibung	Ost	Nord	Z [m]
IP01	Auf der Körtge 6, Bad Wünnenberg	486766	5707431	375,3
IP02	Auf der Körtge 4, Bad Wünnenberg	486723	5707477	375,8
IP03	Auf der Körtge 3, Bad Wünnenberg	486387	5707888	368,7
IP04	Auf der Körtge 1, Bad Wünnenberg	486242	5707950	367,1
IP05	Auf der Körtge 2, Bad Wünnenberg	486034	5707824	365,5
IP06	Tewesweg 8, Bad Wünnenberg	485231	5708090	352,7
IP07	Tewesweg 5, Bad Wünnenberg	485053	5708236	352,7
IP08	Tewesweg 6, Bad Wünnenberg	484140	5708127	350,8
IP09	Tewesweg 4, Bad Wünnenberg	483963	5708158	351,7
IP10	Tewesweg 2, Bad Wünnenberg	483566	5708183	351,5
IP11	Meerhofer Straße 2, Bad Wünnenberg	484423	5707560	364,4

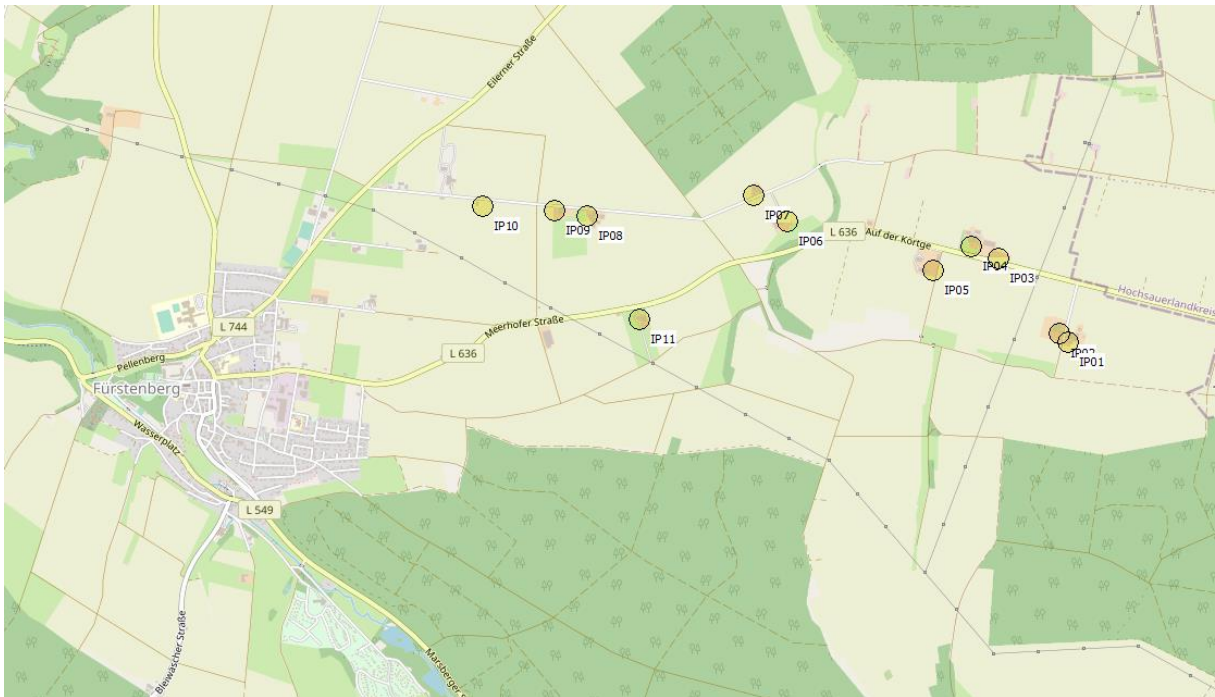


Abbildung 2 Schattenrezeptoren Außenbereich

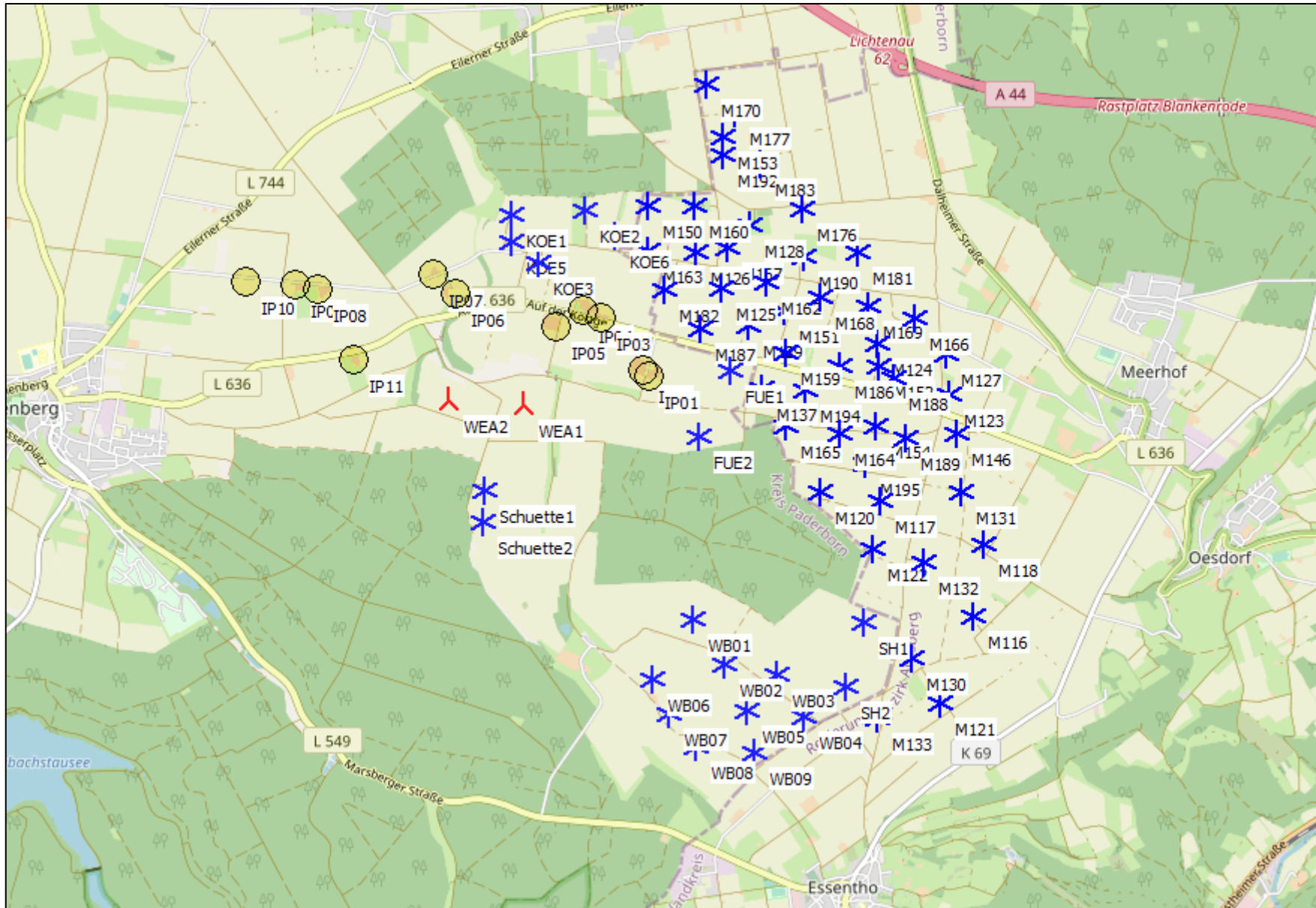


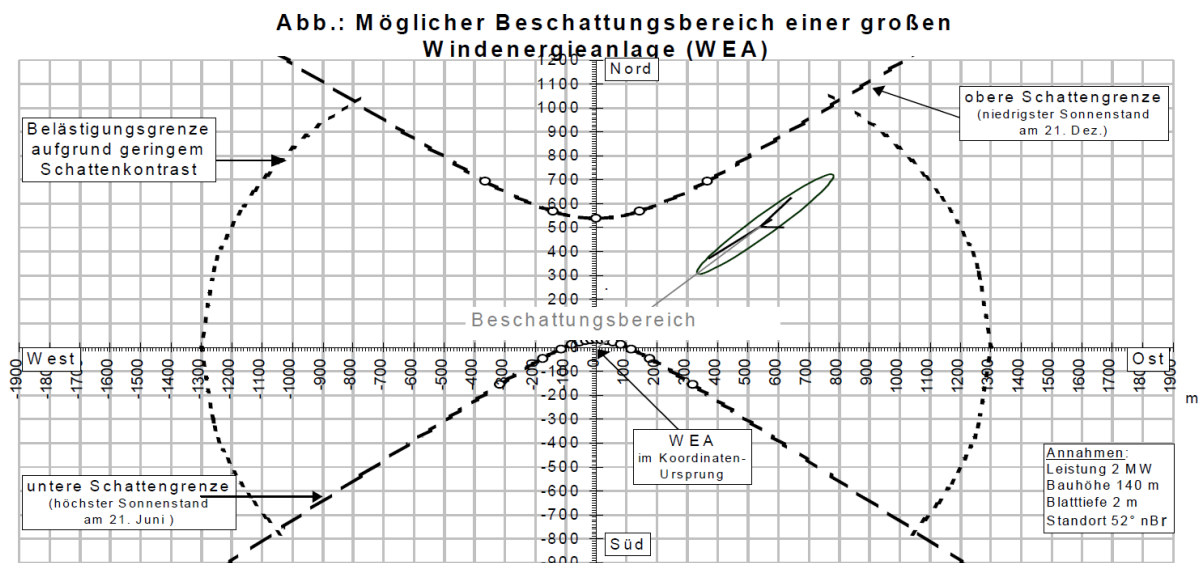
Abbildung 3 Projektübersicht (Vorbelastung in blau, Zusatzbelastung in rot)

Grundlagen zum Nachweis von Schattenwurf

Wenn eine Windkraftanlage den Flächenwinkel zwischen einem Objekt und der Sonne kreuzt, wirkt sich das als Schattenwurf auf das Objekt oder einen Betrachter aus. Dabei ist zwischen dem Schattenwurf, der von dem Turm der WEA, und dem, der vom bewegten Rotor ausgeht, zu unterscheiden. Der Schattenwurf des Turms oder der WEA bei Stillstand ist gleichzusetzen mit dem Schattenwurf von jedem anderen nicht bewegten Objekt, von dem kein besonderer Effekt ausgeht. Von dem periodischen Schlagschatten des bewegten Rotors bei Betrieb der WEA ist hingegen von einer Belästigung an den betroffenen Immissionsorten auszugehen. Dieser periodische Schlagschatten wird in der vorliegenden Schattenwurfprognose untersucht. [2]

Periodischer Schlagschatten lässt sich in Kernschatten und Halbschatten unterteilen. Beim Kernschatten wird die Sonne durch das Rotorblatt aus Sicht des Immissionsortes vollständig verdeckt, bei Halbschatten hingegen nur teilweise. Eine Unterscheidung zwischen Kern- und Halbschatten ist für die Schattenwurfprognose nicht von Bedeutung. [2]

Der mögliche Beschattungsbereich einer WEA weist gewöhnlich die Schattengrenzen auf, die in der folgenden Abbildung dargestellt sind. [2] Im Osten und Westen der Anlage fallen die Schattengrenzen aufgrund des Sonnenstands deutlich weiter als im Norden der Anlage aus. Im Süden WEA ist über das Jahr hinweg kein Schattenwurf zu verzeichnen.



Die Untersuchung und Bewertung von periodischem Schattenwurf von WEA erfolgt gemäß den Hinweisen zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise) des Länderausschusses für Immissionsschutz (2002). Die Hinweise sind bundesweit in Genehmigungsverfahren von Windenergieanlagen bindend. Gemäß den Hinweisen sind folgende Richtwerte bei periodischem Schattenwurf von WEA einzuhalten:

- Schattenwurf von max. 30 Stunden pro Jahr und 30 Minuten am Tag
- Schattenwurf bei Sonnenständen unter 3° nicht zu berücksichtigen
- Einwirkungsbereich des Schattens endet bei 20% Verdeckungsgrad

Eingangsparameter der Berechnung

Die Berechnungen der vorliegenden Schattenwurfprognose wurden mittels WindPro und der Berechnungsmethode „Shadow“ durchgeführt. Die Rezeptoren (Immissionsorte) wurden als Terrasse von 0,1 m Breite, 0,1 m Höhe und 2 m Abstand vom Boden modelliert. Der Schattenrezeptor wird im „Gewächshausmodus“ waagrecht angeordnet, wodurch gewährleistet wird, dass der Schattenwurf jeder WEA im Umfeld berücksichtigt wird.

Der Sonnenstand bildet die Grundlage für die Berechnung des Schattenwurfes. Der Sonnenstand ist von der Erdrotation, der elliptischen Umlaufbahn der Erde um die Sonne und der Neigung der Erdoberfläche während der unterschiedlichen Jahreszeiten abhängig. Es wird der Schattenverlauf des Rotors jeder betrachteten Windkraftanlage über den Zeitraum eines Jahres in 1-Minuten-Schritten unter Berücksichtigung des Sonnenverlaufs berechnet. Die betrachteten Objekte werden nach ihrer Lage in der Schattenellipse des Rotors beurteilt. [3]

Die Berechnung beruht dabei auf folgenden Daten und Zusammenhängen [3]:

- Positionen der Windkraftanlagen mit X, Y, und Z - Koordinaten
- Nabenhöhe und Rotordurchmesser der Windkraftanlage
- Position des Immissionspunktes, Koordinaten, seine Größe, Ausrichtung, Neigung und Höhe über Grund
- Geographische Koordinaten der Standorte mit Bezug zur Zeitzone und Zeitverschiebung während der Sommerzeit
- Mathematisches Modell zur Berechnung des genauen Sonnenverlaufes unter Berücksichtigung der Zeitkorrektur durch die elliptische Form der Erdkreisbahn um die Sonne
- Daten über mittlere Rotorblatttiefe der WEA, welche über die Reichweite des Schattenwurfs einer WEA entscheidet

Es wird ein Verdeckungskriterium von 20 % zur Ermittlung der Schattenreichweite angesetzt. Hierbei wird mit den Blattdaten des Herstellers ermittelt, wann die Sonnenscheibe zu 20 % verdeckt ist. Erst dann kann von wahrnehmbarem Schattenwurf ausgegangen werden. Wenn keine Blattdaten des Herstellers in WindPro hinterlegt sind, wird ein maximaler Beschattungsbereich von 2.500 m angenommen. [2, 3]

In den Berechnungen wird die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer betrachtet. Dieses stellt die worst-case Methode dar, indem die Beschattungsdauer berechnet wird, bei der die Sonne theoretisch während der gesamten Zeit zwischen Sonnenaufgang und -untergang durchgehend bei wolkenlosem Himmel scheint, die Rotorfläche senkrecht zur Sonneneinstrahlung steht und die WEA in Betrieb ist. [3]

Über eine vereinfachte Sichtbarkeitsanalyse wird unter Berücksichtigung der Orographie (hinterlegtes Höhenmodell: NRW DGM 5 m) mittels WindPro bestimmt, inwiefern eine Sichtbeziehung zwischen der WEA und dem Immissionsort besteht. Sobald eine Sichtbeziehung mindestens zur oberen Spitze des WEA-Blattes besteht, wird der Rezeptor in vollem Umfang in den Berechnungen berücksichtigt. [3]

In den Berechnungsergebnissen werden Flächen mit gleicher Schattendauer um die Windkraftanlagen dargestellt.

Vorbelastung

Als Vorbelastung werden die WEA im Umfeld der Neuplanung berücksichtigt. Eine Übersicht über die Berechnungsergebnisse aus WindPro gibt die folgende Tabelle. Darin ist die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer in Stunden pro Jahr und die maximal mögliche Schattendauer pro Tag dargestellt. Wird ein Richtwert (30 Stunden pro Jahr und 30 Minuten pro Tag) an dem Immissionspunkt überschritten, sind die Zellen orange markiert.

Immissionspunkt	Astronom. Max. mögliche Beschattungsdauer	
	[Std/Jahr]	[Std/Tag]
IP01	189:57	01:18
IP02	183:23	01:05
IP03	194:35	01:26
IP04	173:39	01:20
IP05	104:13	00:57
IP06	49:29	00:33
IP07	52:30	00:40
IP08	02:46	00:12
IP09	00:00	00:00
IP10	00:00	00:00
IP11	06:03	00:14

Durch die WEA in der Umgebung sind 9 der insgesamt 11 betrachteten Immissionsorte durch Schattenwurf vorbelastet. An 7 der insgesamt 11 betrachteten Immissionsorte werden die Richtwerte von 30 Stunden/Jahr bzw. 30 Minuten/Tag durch die Vorbelastung überschritten.

An diesen 7 Immissionsorten ist kein weiterer Schattenwurf durch die Zusatzbelastung zulässig.

Die Beschattungsdauer der Vorbelastung überschreitet die Richtwerte in der Höhe, da in den Berechnungen die programmierten Schattenabschaltungen der umliegenden WEA nicht berücksichtigt wurden.

Das Hauptergebnis der Vorbelastung ist im Folgenden dargestellt.

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: VB Fürstenberg
Annahmen für Schattenwurfberechnung

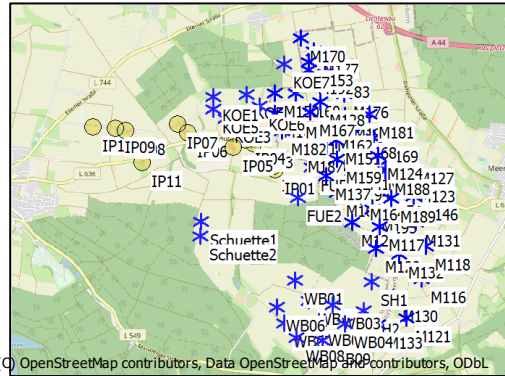
Beschattungsbereich der WEA
 Schatten nur relevant, wo Rotorblatt mind. 20% der Sonne verdeckt
 Siehe WEA-Tabelle

- Minimale relevante Sonnenhöhe über Horizont 3 °
- Tage zwischen Berechnungen 1 Tag(e)
- Berechnungszeitprung 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: PrjAss Höhenraster
- Rasterauflösung: 1,0 m

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



Maßstab 1:100.000
 * Existierende WEA ● Schattenrezeptor

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]				[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]	
1	485.460	5.706.529	381,2	Schuette1	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4	1.599	18,0
2	485.439	5.706.277	384,5	Schuette2	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4	1.599	18,0
3	488.473	5.705.480	426,9	SH1	Ja	ENERCON	E-115 EP3 E3-4.200	4.200	115,7	149,0	1.618	12,9
4	488.324	5.704.959	416,2	SH2	Ja	ENERCON	E-115 EP3 E3-4.200	4.200	115,7	149,0	1.618	12,9
5	485.679	5.708.716	341,4	KOE1	Ja	ENERCON	E-82 E2 TES-2.300	2.300	82,0	138,4	1.599	18,0
6	486.259	5.708.749	350,8	KOE2	Ja	ENERCON	E-82 E2 TES-2.300	2.300	82,0	138,4	1.599	18,0
7	485.888	5.708.332	354,1	KOE3	Ja	ENERCON	E-82 E2 TES-2.300	2.300	82,0	138,4	1.599	18,0
8	485.682	5.708.501	344,9	KOE5	Ja	ENERCON	E-82 E2 TES-2.300	2.300	82,0	138,4	1.599	18,0
9	486.498	5.708.544	357,7	KOE6	Ja	ENERCON	E-115 EP3 E3-4.200	4.200	115,7	149,0	1.618	12,9
10	487.413	5.707.474	377,9	FUE1	Nein	ENERCON	E-115-3.000	3.000	115,7	149,1	2.066	12,4
11	487.165	5.706.957	380,0	FUE2	Nein	ENERCON	E-126 EP4-4.200	4.200	127,0	135,0	2.108	11,6
12	488.119	5.706.515	399,3	M120	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
13	488.596	5.706.432	412,2	M117	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
14	489.239	5.706.502	404,3	M131	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
15	488.940	5.705.950	424,1	M132	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
16	489.427	5.706.092	416,3	M118	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
17	489.341	5.705.519	430,5	M116	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
18	488.852	5.705.195	428,1	M130	Ja	ENERCON	E-138 EP3-3.500	3.500	138,3	160,0	1.679	10,8
19	489.078	5.704.835	427,7	M121	Ja	ENERCON	E-138 EP3-3.500	3.500	138,3	130,5	1.681	10,8
20	488.541	5.706.054	420,4	M122	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
21	488.572	5.704.712	424,2	M133	Ja	ENERCON	E-103 EP2-2.350	2.350	103,0	138,4	1.660	15,0
22	486.760	5.708.784	353,3	M150	Nein	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	98,3	1.550	19,5
23	489.214	5.706.973	398,4	M146	Nein	ENERCON	E-126 EP4-4.200	4.200	127,0	135,0	2.108	11,6
24	487.658	5.707.330	381,7	M137	Nein	ENERCON	E-66/18.70-1.800	1.800	70,0	98,0	1.486	22,0
25	488.805	5.706.937	399,4	M189	Ja	ENERCON	E-126 EP3-4.000	4.000	126,7	135,3	1.746	12,4
26	488.278	5.706.973	391,7	M164	Ja	ENERCON	E-126 EP3-4.000	4.000	126,7	135,3	1.746	12,4
27	487.856	5.707.032	384,2	M165	Ja	ENERCON	E-126 EP3-4.000	4.000	126,7	135,3	1.746	12,4
28	487.180	5.707.808	373,2	M187	Ja	ENERCON	E-126 EP3-4.000	4.000	126,7	135,3	1.746	12,4
29	487.852	5.707.613	379,6	M159	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
30	488.281	5.707.505	377,6	M186	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
31	488.710	5.707.414	385,6	M188	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
32	489.152	5.707.285	386,7	M123	Ja	ENERCON	E-126 EP3-4.000	4.000	126,7	135,3	1.746	12,4
33	488.126	5.708.050	370,7	M168	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
34	487.700	5.708.176	367,5	M162	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
35	487.343	5.708.129	368,8	M125	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
36	486.891	5.708.115	367,4	M182	Ja	ENERCON	E-126 EP3-4.000	4.000	126,7	135,3	1.746	12,4
37	486.757	5.708.430	361,1	M163	Ja	ENERCON	E-92 2,3 MW-2.350	2.350	92,0	138,4	1.513	16,0
38	487.133	5.708.778	348,3	M160	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0

(Fortsetzung nächste Seite)...

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: VB Fürstenberg

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]								[m]	[U/min]
39	487.559	5.707.825	375,0	M129	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
40	488.584	5.707.684	377,3	M124	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
41	488.004	5.707.318	382,1	M194	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
42	487.570	5.708.630	355,0	M128	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
43	487.145	5.708.417	363,1	M126	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
44	487.106	5.705.501	408,8	WB01	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
45	487.360	5.705.150	417,7	WB02	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	130,1	1.681	13,0
46	487.781	5.705.060	415,4	WB03	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
47	487.992	5.704.732	431,3	WB04	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E3-4.260	4.260	138,3	166,6	1.685	11,1
48	487.541	5.704.780	417,2	WB05	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
49	486.781	5.705.033	405,7	WB06	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E3-4.260	4.260	138,3	135,3	1.688	11,1
50	486.919	5.704.759	400,9	WB07	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	130,1	1.681	13,0
51	487.131	5.704.490	423,1	WB08	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E3-4.260	4.260	138,3	160,0	1.686	11,1
52	487.597	5.704.446	432,3	WB09	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	166,6	1.678	13,0
53	489.127	5.707.602	385,4	M127	Ja	ENERCON	E-126 EP3-4.000	4.000	126,7	135,3	1.746	12,4
54	487.843	5.707.949	373,3	M151	Ja	ENERCON	E-53-800	800	53,0	75,6	995	29,0
55	488.594	5.707.508	382,0	M152	Ja	ENERCON	E-53-800	800	53,0	75,6	995	29,0
56	487.360	5.709.328	353,5	M153	Nein	VESTAS	V66-1.650/300	1.650	66,0	65,0	1.238	19,0
57	488.569	5.707.028	393,6	M154	Ja	ENERCON	E-53-800	800	53,0	73,3	996	29,0
58	487.396	5.708.450	360,9	M167	Ja	ENERCON	E-138 EP3-3.500	3.500	138,3	159,6	1.679	10,8
59	488.509	5.707.988	369,6	M169	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
60	487.230	5.709.739	348,0	M170	Ja	NORDEX	N131/3300 DE-3.300	3.300	131,0	164,0	1.719	10,9
61	487.986	5.708.752	364,1	M176	Ja	NORDEX	N149/4.0-4.5-4.500	4.500	149,0	164,0	1.819	10,7
62	487.455	5.709.514	353,0	M177	Ja	NORDEX	N149/4.0-4.5-4.500	4.500	149,0	164,0	1.819	10,7
63	488.429	5.708.414	366,5	M181	Ja	NORDEX	N149/4.0-4.5-4.500	4.500	149,0	164,0	1.819	10,7
64	487.651	5.709.117	360,0	M183	Ja	NORDEX	N149/4.0-4.5-4.500	4.500	149,0	164,0	1.819	10,7
65	487.995	5.708.375	360,6	M190	Ja	NORDEX	N149/5.X-5.700	5.700	149,0	164,0	1.805	10,7
66	487.355	5.709.183	354,3	M192	Ja	NORDEX	N149/5.X-5.700	5.700	149,0	164,0	1.805	10,7
67	488.483	5.706.736	401,4	M195	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
68	486.930	5.709.284	345,1	KOE7	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4	1.599	18,0

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
					[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
A	IP01	486.766	5.707.431	375,3	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
B	IP02	486.723	5.707.477	375,8	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
C	IP03	486.387	5.707.888	368,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D	IP04	486.242	5.707.950	367,1	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
E	IP05	486.034	5.707.824	365,5	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
F	IP06	485.231	5.708.090	352,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
G	IP07	485.053	5.708.236	352,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
H	IP08	484.140	5.708.127	350,8	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
I	IP09	483.963	5.708.158	351,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
J	IP10	483.566	5.708.183	351,5	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
K	IP11	484.423	5.707.560	364,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0

Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

astron. max. mögl. Beschattungsdauer

Nr.	Name	Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr	Max.Schattendauer/Tag
		[h/a]	[d/a]	[h/d]
A	IP01	189:57	316	1:18
B	IP02	183:23	316	1:05
C	IP03	194:35	333	1:26
D	IP04	173:39	295	1:20
E	IP05	104:13	222	0:57
F	IP06	49:29	126	0:33
G	IP07	52:30	121	0:40
H	IP08	2:46	18	0:12

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:

Wohlbedacht_Finale Planung

Lizenzierter Anwender:

Lackmann Phymetric GmbH
Vattmannstraße 6
DE-33100 Paderborn
+49 05251-68 25 80
Tido.Hagen / Tido.Hagen@phymetric.de
Berechnet:
28.04.2023 12:29/3.6.361

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: VB Fürstenberg

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

astron. max. mögl. Beschattungsdauer

Nr.	Name	Stunden/Jahr [h/a]	Schattentage/Jahr [d/a]	Max.Schattendauer/Tag [h/d]
I	IP09	0:00	0	0:00
J	IP10	0:00	0	0:00
K	IP11	6:03	34	0:14

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal [h/a]
1	Schuette1	12:19
2	Schuette2	0:00
3	SH1	0:00
4	SH2	0:00
5	KOE1	0:00
6	KOE2	9:12
7	KOE3	41:51
8	KOE5	33:40
9	KOE6	16:25
10	FUE1	60:28
11	FUE2	93:19
12	M120	8:03
13	M117	0:00
14	M131	0:00
15	M132	0:00
16	M118	0:00
17	M116	0:00
18	M130	0:00
19	M121	0:00
20	M122	0:00
21	M133	0:00
22	M150	0:00
23	M146	0:00
24	M137	10:55
25	M189	0:00
26	M164	7:18
27	M165	18:59
28	M187	36:05
29	M159	31:49
30	M186	10:26
31	M188	0:00
32	M123	0:00
33	M168	21:13
34	M162	17:38
35	M125	37:46
36	M182	112:29
37	M163	0:00
38	M160	0:00
39	M129	78:53
40	M124	0:00
41	M194	14:13
42	M128	37:07
43	M126	36:50
44	WB01	0:00
45	WB02	0:00
46	WB03	0:00
47	WB04	0:00
48	WB05	0:00
49	WB06	0:00
50	WB07	0:00
51	WB08	0:00
52	WB09	0:00
53	M127	0:00
54	M151	0:00
55	M152	0:00
56	M153	0:00

(Fortsetzung nächste Seite)...

windPRO 3.6.361 | EMD International A/S, Tel. +45 96 35 44 44, www.emd.dk, windpro@emd.dk

28.04.2023 12:29 / 3



Projekt:

Wohlbedacht_Finale Planung

Lizenzierter Anwender:

Lackmann Phymetric GmbH

Vattmannstraße 6

DE-33100 Paderborn

+49 05251-68 25 80

Tido.Hagen / Tido.Hagen@phymetric.de

Berechnet:

28.04.2023 12:29/3.6.361

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: VB Fürstenberg

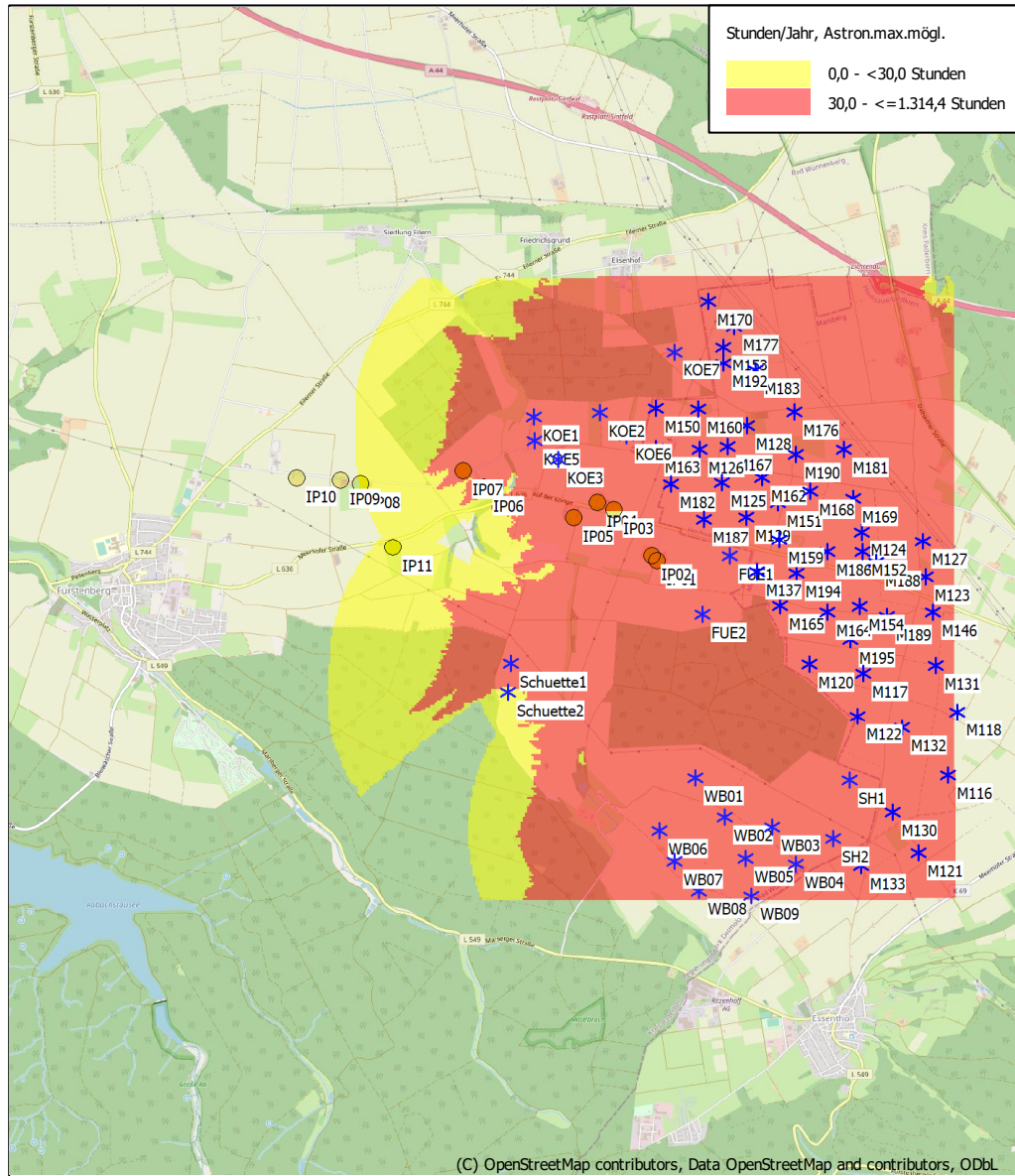
...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

Nr.	Name	Maximal [h/a]
57	M154	0:00
58	M167	48:45
59	M169	0:00
60	M170	0:00
61	M176	17:57
62	M177	0:00
63	M181	0:00
64	M183	0:00
65	M190	17:56
66	M192	0:00
67	M195	0:00
68	KOE7	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.

SHADOW - Karte

Berechnung: VB Fürstenberg



0 500 1000 1500 2000 m

Karte: EMD OpenStreetMap, Maßstab 1:50.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 485.494 Nord: 5.707.180

* Existierende WEA Schattenrezeptor

Höhe der Schattenkarte: PrjAss Höhenraster

Zusatzbelastung

Als Zusatzbelastung werden die zwei antragsgegenständlichen Windenergieanlagen betrachtet. Eine Übersicht über die Berechnungsergebnisse aus WindPro gibt die folgende Tabelle. Darin ist die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer in Stunden pro Jahr (h/a), die Schattentage pro Jahr sowie die maximal mögliche Schattendauer pro Tag (h/a) der Zusatzbelastung dargestellt. Erzeugen die WEA grundsätzlich Schattenwurf an einem Immissionspunkt, sind die Zellen blau markiert.

Immissionspunkt	Astronom. Max. mögliche Beschattungsdauer	
	[Std/Jahr]	[Std/Tag]
IP01	26:04	00:54
IP02	27:52	00:57
IP03	54:31	00:39
IP04	66:52	00:41
IP05	97:41	00:54
IP06	55:28	01:12
IP07	25:30	00:30
IP08	18:52	00:29
IP09	13:57	00:26
IP10	00:00	00:00
IP11	44:12	01:09

An 10 der betrachteten 11 Schattenrezeptoren tritt zusätzlicher Schattenwurf durch die Neuplanung auf. An 7 Immissionsorten würden, die Richtwerte dabei durch die Neuplanung überschritten.

In der folgenden Tabelle sind die Berechnungsergebnisse für jede einzelne WEA separat dargestellt. Die WEA 1 verursacht an 8 Immissionsort zusätzlichen Schattenwurf. Die WEA 2 verursacht an 9 Immissionsort zusätzlichen Schattenwurf.

Immissionspunkt	WEA1		WEA2	
	[Std/Jahr]	[Std/Tag]	[Std/Jahr]	[Std/Tag]
IP01	17:49	00:33	08:28	00:23
IP02	18:59	00:34	08:53	00:24
IP03	40:35	00:39	13:56	00:28
IP04	49:23	00:41	17:29	00:30
IP05	72:25	00:54	25:16	00:37
IP06	35:10	00:36	20:18	00:36
IP07	25:30	00:30	00:00	00:00
IP08	00:00	00:00	18:52	00:29
IP09	00:00	00:00	13:57	00:26
IP10	00:00	00:00	00:00	00:00
IP11	09:58	00:24	34:14	00:45

Im Folgenden sind die Berechnungsergebnisse aus WindPro einschließlich der Schattenwurfkarten für die Neuplanung dargestellt.

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: ZB Fürstenberg

Annahmen für Schattenwurfberechnung

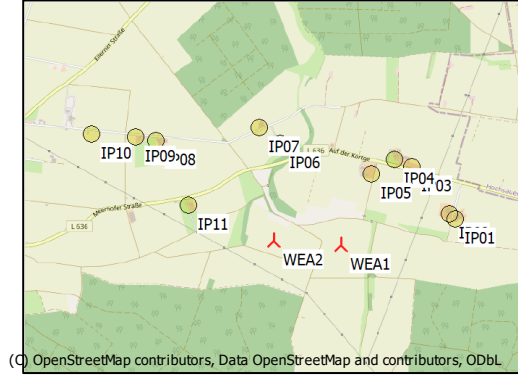
Beschattungsbereich der WEA
Schatten nur relevant, wo Rotorblatt mind. 20% der Sonne verdeckt
Siehe WEA-Tabelle

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

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

Verwendete Höhenlinien: PrjAss Höhenraster
Rasterauflösung: 1,0 m

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



Maßstab 1:50.000
Neue WEA Schattenrezeptor

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ		Nennleistung [kW]	Rotordurchmesser [m]	Nabenhöhe [m]	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller Typ				Beschatt.-Bereich [m]	U/min
1	485.763	5.707.208	366,2	WEA1	Ja	NORDEX N149/5.X-5.700	5.700	149,0	164,0	1.805	10,7
2	485.172	5.707.245	362,7	WEA2	Ja	NORDEX N163/6.X-6.800	6.800	163,0	164,0	1.784	10,7

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite [m]	Höhe [m]	Höhe ü.Gr. [m]	Neigung des Fensters [°]	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) [m]	ü.Gr.
A	IP01	486.766	5.707.431	375,3	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	
B	IP02	486.723	5.707.477	375,8	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	
C	IP03	486.387	5.707.888	368,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	
D	IP04	486.242	5.707.950	367,1	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	
E	IP05	486.034	5.707.824	365,5	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	
F	IP06	485.231	5.708.090	352,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	
G	IP07	485.053	5.708.236	352,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	
H	IP08	484.140	5.708.127	350,8	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	
I	IP09	483.963	5.708.158	351,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	
J	IP10	483.566	5.708.183	351,5	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	
K	IP11	484.423	5.707.560	364,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	

Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

astron. max. mögl. Beschattungsdauer

Nr.	Name	Stunden/Jahr [h/a]	Schattentage/Jahr [d/a]	Max.Schattendauer/Tag [h/d]
A	IP01	26:04	41	0:54
B	IP02	27:52	46	0:57
C	IP03	54:31	120	0:39
D	IP04	66:52	123	0:41
E	IP05	97:41	134	0:54
F	IP06	55:28	68	1:12
G	IP07	25:30	60	0:30
H	IP08	18:52	50	0:29
I	IP09	13:57	42	0:26
J	IP10	0:00	0	0:00
K	IP11	44:12	59	1:09

Projekt:

Wohlbedacht_Finale Planung

Lizenzierter Anwender:

Lackmann Phymetric GmbH

Vattmannstraße 6

DE-33100 Paderborn

+49 05251-68 25 80

Tido Hagen / Tido.Hagen@phymetric.de

Berechnet:

28.04.2023 09:15/3.6.361

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: ZB Fürstenberg

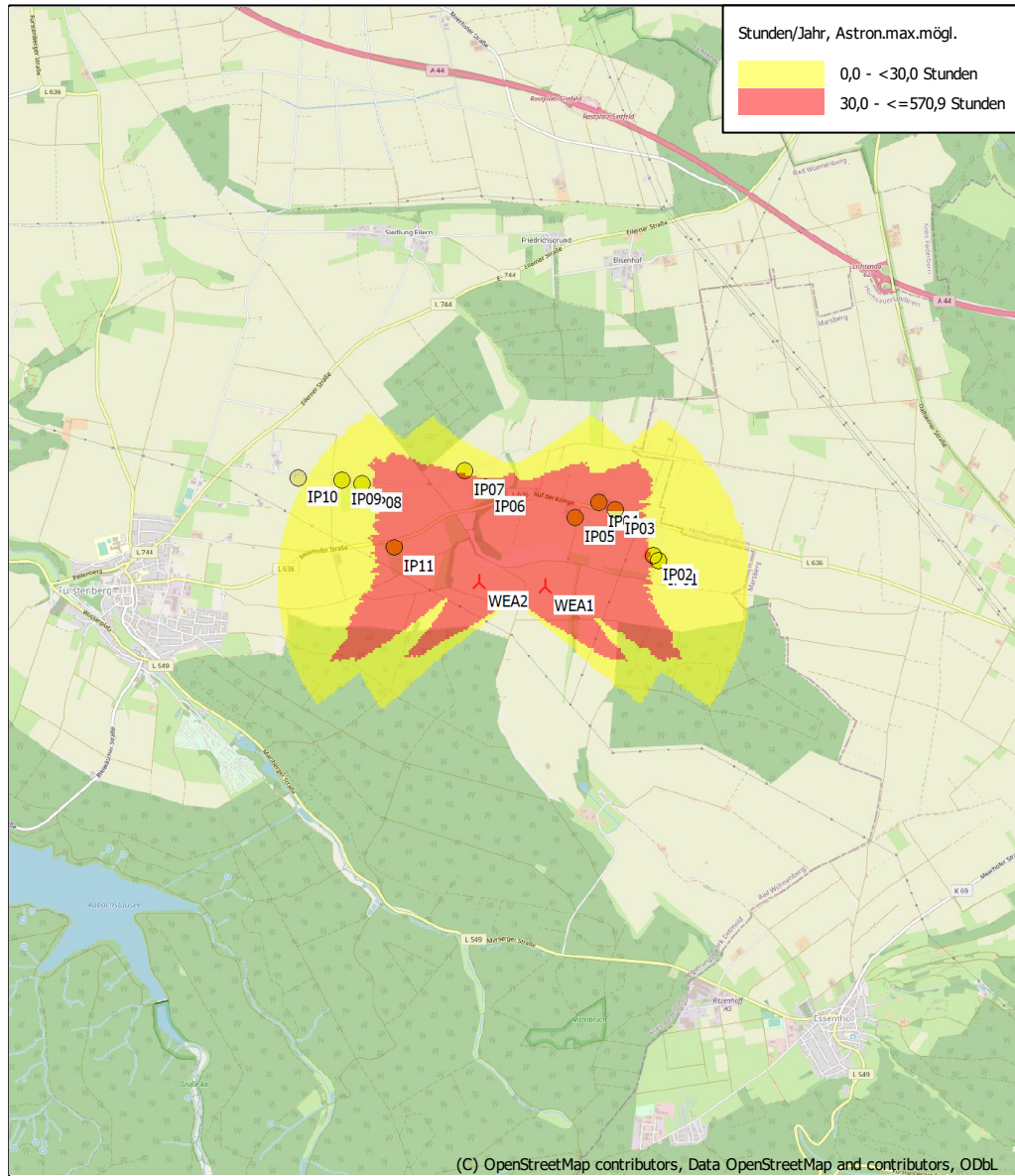
Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal [h/a]
1	WEA1	241:53
2	WEA2	133:16

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.

SHADOW - Karte

Berechnung: ZB Fürstenberg



0 500 1000 1500 2000 m

Karte: EMD OpenStreetMap, Maßstab 1:50.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 485.480 Nord: 5.707.180
▲ Neue WEA ● Schattenrezeptor

Höhe der Schattenkarte: PrjAss Höhenraster

Zusatzbelastung WEA 1 – N149/5.X

Projekt:

Wohlbedacht_Finale Planung

Lizenzierter Anwender:

Lackmann Phymetric GmbH

Vattmannstraße 6

DE-33100 Paderborn

+49 05251-68 25 80

Tido Hagen / Tido.Hagen@phymetric.de

Berechnet:

28.04.2023 09:16/3.6.361

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: ZB Fürstenberg WEA 1

Annahmen für Schattenwurfberechnung

Beschattungsbereich der WEA

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

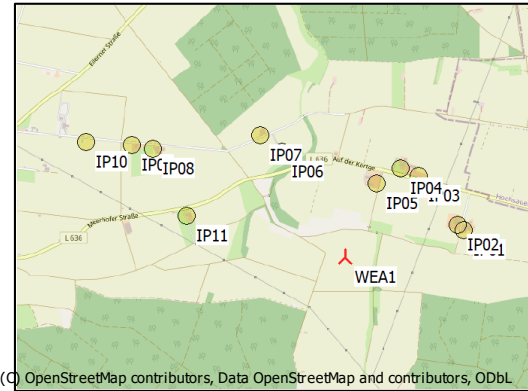
Minimale relevante Sonnenhöhe über Horizont 3 °
Tage zwischen Berechnungen 1 Tag(e)
Berechnungszeitsprung 1 Minuten
Die dargestellten Zeiten sind die astronomisch maximal mögliche
Beschattungsdauer, berechnet unter folgenden Annahmen:

- Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang
- Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinfallrichtung
- 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: PrjAss Höhenraster
Rasterauflösung: 1,0 m

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



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

Maßstab 1:50.000

Neue WEA Schattenrezeptor

WEA

	Ost Nord Z			Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung [kW]	Rotordurchmesser [m]	Nabenhöhe [m]	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich [m]	U/min
1	485.763	5.707.208	366,2	WEA1	Ja	NORDEX	N149/5.X-5.700	5.700	149,0	164,0	1.805	10,7

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite [m]	Höhe [m]	Höhe ü.Gr. [m]	Neigung des Fensters [°]	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr. [m]
A	IP01	486.766	5.707.431	375,3	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
B	IP02	486.723	5.707.477	375,8	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
C	IP03	486.387	5.707.888	368,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D	IP04	486.242	5.707.950	367,1	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
E	IP05	486.034	5.707.824	365,5	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
F	IP06	485.231	5.708.090	352,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
G	IP07	485.053	5.708.236	352,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
H	IP08	484.140	5.708.127	350,8	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
I	IP09	483.963	5.708.158	351,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
J	IP10	483.566	5.708.183	351,5	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
K	IP11	484.423	5.707.560	364,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0

Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

astron. max. mögl. Beschattungsdauer

Nr.	Name	Stunden/Jahr [h/a]	Schattentage/Jahr [d/a]	Max.Schattendauer/Tag [h/d]
A	IP01	17:49	41	0:33
B	IP02	18:59	43	0:34
C	IP03	40:35	86	0:39
D	IP04	49:23	82	0:41
E	IP05	72:25	92	0:54
F	IP06	35:10	68	0:36
G	IP07	25:30	60	0:30
H	IP08	0:00	0	0:00
I	IP09	0:00	0	0:00
J	IP10	0:00	0	0:00
K	IP11	9:58	31	0:24

Projekt:

Wohlbedacht_Finale Planung

Lizenzierter Anwender:

Lackmann Phymetric GmbH

Vattmannstraße 6

DE-33100 Paderborn

+49 05251-68 25 80

Tido Hagen / Tido.Hagen@phymetric.de

Berechnet:

28.04.2023 09:16/3.6.361

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: ZB Fürstenberg WEA 1

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal
-----	------	---------

[h/a]

1	WEA1	241:53
---	------	--------

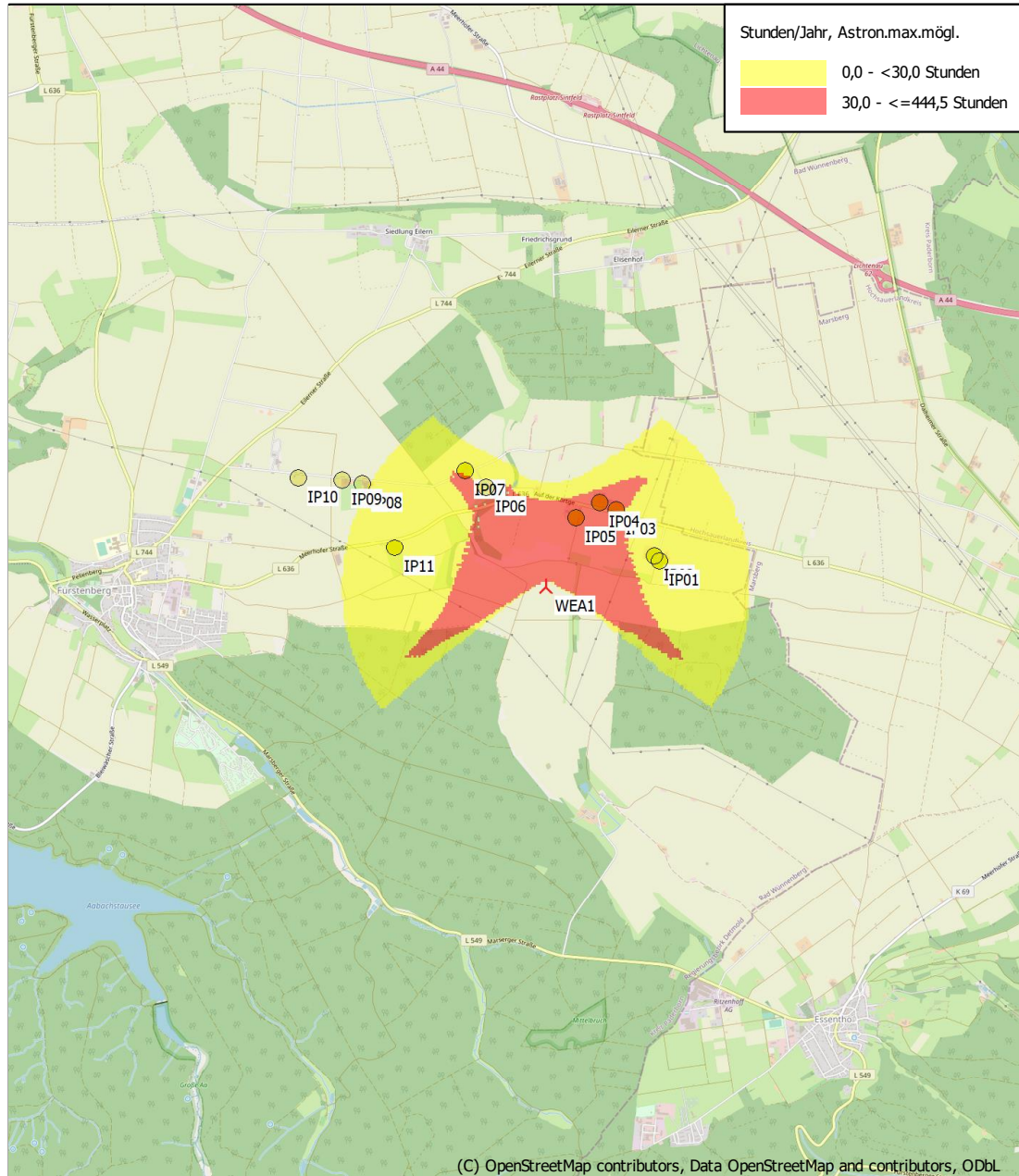
Summen in Rezeptortabelle und WEA-Tabelle können sich unterscheiden, da eine WEA gleichzeitig an zwei oder mehr Rezeptoren Beschattung verursachen kann und/oder ein Rezeptor gleichzeitig von zwei oder mehr WEA beschattet werden kann.

Projekt:
Wohlbedacht_Finale Planung

Lizenzierter Anwender:
Lackmann Phymetric GmbH
Vattmannstraße 6
DE-33100 Paderborn
+49 05251-68 25 80
Tido Hagen / Tido.Hagen@phymetric.de
Berechnet:
28.04.2023 09:16/3.6.361

SHADOW - Karte

Berechnung: ZB Fürstenberg WEA 1



0 500 1000 1500 2000 m

Karte: EMD OpenStreetMap, Maßstab 1:50.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 485.480 Nord: 5.707.180
Neue WEA Schattenrezeptor

Höhe der Schattenkarte: PrjAss Höhenraster

Zusatzbelastung WEA 2 – N163/6.X

Projekt:
Wohlbedacht_Finale Planung

Lizenzierter Anwender:
Lackmann Phymetric GmbH
Vattmannstraße 6
DE-33100 Paderborn
+49 05251-68 25 80
Tido Hagen / Tido.Hagen@phymetric.de
Berechnet:
28.04.2023 09:16/3.6.361

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: ZB Fürstenberg WEA 2

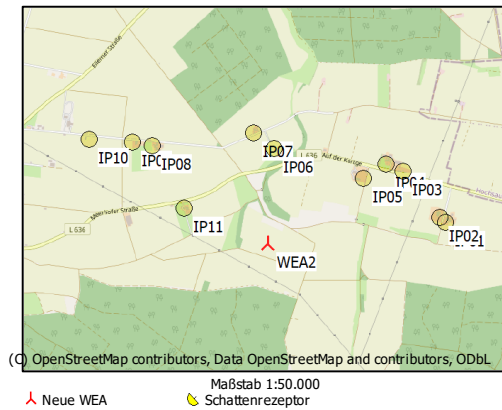
Annahmen für Schattenwurfberechnung

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
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 Sonneneinfallrichtung
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: PrjAss Höhenraster
Rasterauflösung: 1,0 m

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



WEA

Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ		Nennleistung [kW]	Rotordurchmesser [m]	Nabenhöhe [m]	Schattendaten	
				Aktuell	Hersteller Typ				Beschatt.-Bereich [m]	U/min [U/min]
1	485.172	5.707.245	362,7 WEA2	Ja	NORDEX N163/6.X-6.800	6.800	163,0	164,0	1.784	10,7

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite [m]	Höhe [m]	Höhe ü.Gr. [m]	Neigung des Fensters [°]	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr. [m]
A	IP01	486.766	5.707.431	375,3	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
B	IP02	486.723	5.707.477	375,8	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
C	IP03	486.387	5.707.888	368,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D	IP04	486.242	5.707.950	367,1	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
E	IP05	486.034	5.707.824	365,5	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
F	IP06	485.231	5.708.090	352,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
G	IP07	485.053	5.708.236	352,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
H	IP08	484.140	5.708.127	350,8	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
I	IP09	483.963	5.708.158	351,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
J	IP10	483.566	5.708.183	351,5	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
K	IP11	484.423	5.707.560	364,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0

Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer		
		Stunden/Jahr [h/a]	Schattentage/Jahr [d/a]	Max.Schattendauer/Tag [h/d]
A	IP01	8:28	30	0:23
B	IP02	8:53	30	0:24
C	IP03	13:56	39	0:28
D	IP04	17:29	45	0:30
E	IP05	25:16	54	0:37
F	IP06	20:18	42	0:36
G	IP07	0:00	0	0:00
H	IP08	18:52	50	0:29
I	IP09	13:57	42	0:26
J	IP10	0:00	0	0:00
K	IP11	34:14	59	0:45

Projekt:

Wohlbedacht_Finale Planung

Lizenzierter Anwender:

Lackmann Phymetric GmbH

Vattmannstraße 6

DE-33100 Paderborn

+49 05251-68 25 80

Tido Hagen / Tido.Hagen@phymetric.de

Berechnet:

28.04.2023 09:16/3.6.361

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: ZB Fürstenberg WEA 2

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr. Name Maximal

[h/a]

1 WEA2 133:16

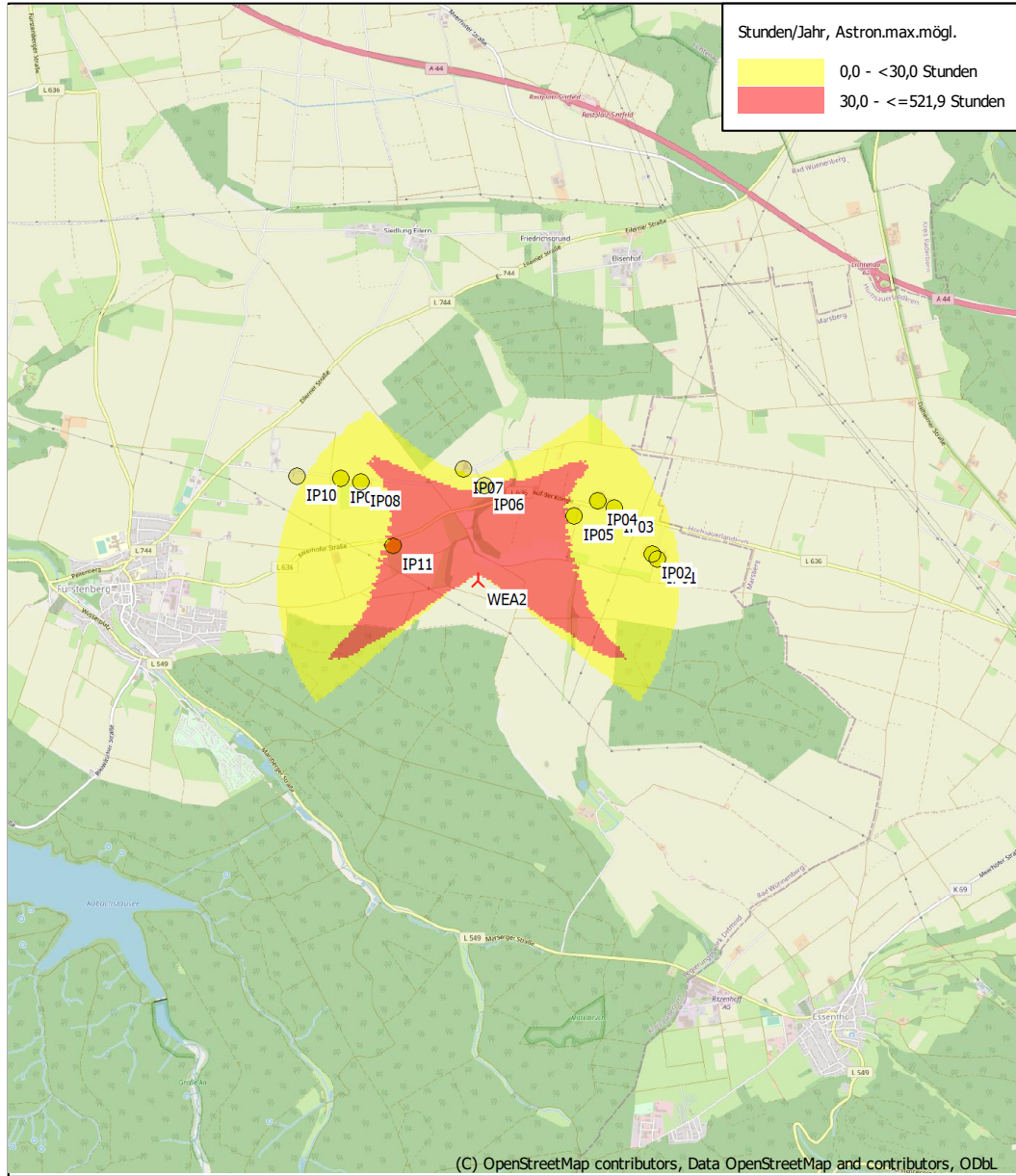
Summen in Rezeptortabelle und WEA-Tabelle können sich unterscheiden, da eine WEA gleichzeitig an zwei oder mehr Rezeptoren Beschattung verursachen kann und/oder ein Rezeptor gleichzeitig von zwei oder mehr WEA beschattet werden kann.

Projekt:
Wohlbedacht_Finale Planung

Lizenzierter Anwender:
Lackmann Phymetric GmbH
 Vattmannstraße 6
 DE-33100 Paderborn
 +49 05251-68 25 80
 Tido Hagen / Tido.Hagen@phymetric.de
 Berechnet:
 28.04.2023 09:16/3.6.361

SHADOW - Karte

Berechnung: ZB Fürstenberg WEA2



0 500 1000 1500 2000 m

Karte: EMD OpenStreetMap , Maßstab 1:50.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 485.480 Nord: 5.707.180
 Neue WEA Schattenrezeptor
 Höhe der Schattenkarte: PrJAss Höhenraster

windPRO 3.6.361 | EMD International A/S, Tel. +45 96 35 44 44, www.emd.dk, windpro@emd.dk

28.04.2023 10:07 / 1



Gesamtbelastung

Die Ergebnisse der Gesamtbelastung unter Berücksichtigung der Vor- und Zusatzbelastung sind im Folgenden dargestellt. Eine Übersicht über die Berechnungsergebnisse aus WindPro gibt die folgende Tabelle. Darin ist die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer in Stunden pro Jahr, die und die maximal mögliche Schattendauer pro Tag dargestellt. Wird ein Richtwert (30 Stunden pro Jahr und 30 Minuten pro Tag) an dem Immissionspunkt überschritten, sind die Zellen orange markiert.

Immissionspunkt	Astronom. Max. mögliche Beschattungsdauer	
	[Std/Jahr]	[Std/Tag]
IP01	216:01	01:18
IP02	211:15	01:13
IP03	249:06	01:26
IP04	240:31	01:20
IP05	201:54	01:10
IP06	104:57	01:12
IP07	78:00	00:40
IP08	21:38	00:29
IP09	13:57	00:26
IP10	00:00	00:00
IP11	50:15	01:09

An 10 der insgesamt 11 betrachteten Immissionspunkte werden die Richtwerte überschritten. Die hohen Werte der Beschattungsdauer in den Berechnungen der Vor- und Gesamtbelastung kommen dadurch zustande, dass die Schattenabschaltungen der Bestands-WEA in den Berechnungen nicht berücksichtigt werden.

Das Hauptergebnis mit der dazugehörigen Karte ist im Folgenden dargestellt. Die kalendarischen Daten sind übersichtshalber im Anhang dargestellt.

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: GB Fürstenberg
Annahmen für Schattenwurfberechnung

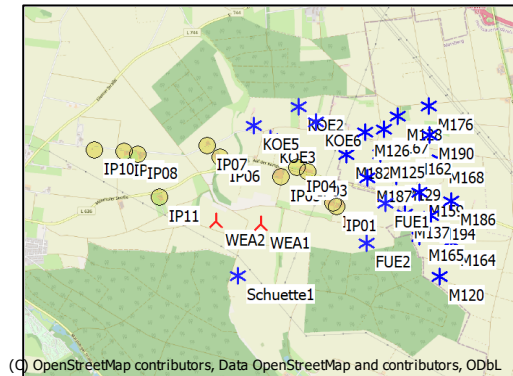
Beschattungsbereich der WEA
Schatten nur relevant, wo Rotorblatt mind. 20% der Sonne verdeckt
Siehe WEA-Tabelle

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: PrjAss Höhenraster
Rasterauflösung: 1,0 m

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



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

Maßstab 1:75.000
▲ Neue WEA ★ Existierende WEA
● Schattenrezeptor

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]				[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]	
1	485.763	5.707.208	366,2	WEA1	Ja	NORDEX	N149/5.X-5.700	5.700	149,0	164,0	1.805	10,7
2	485.172	5.707.245	362,7	WEA2	Ja	NORDEX	N163/6.X-6.800	6.800	163,0	164,0	1.784	10,7
3	485.460	5.706.529	381,2	Schuette1	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4	1.599	18,0
4	486.259	5.708.749	350,8	KOE2	Ja	ENERCON	E-82 E2 TES-2.300	2.300	82,0	138,4	1.599	18,0
5	485.888	5.708.332	354,1	KOE3	Ja	ENERCON	E-82 E2 TES-2.300	2.300	82,0	138,4	1.599	18,0
6	485.682	5.708.501	344,9	KOE5	Ja	ENERCON	E-82 E2 TES-2.300	2.300	82,0	138,4	1.599	18,0
7	486.498	5.708.544	357,7	KOE6	Ja	ENERCON	E-115 EP3 E3-4.200	4.200	115,7	149,0	1.618	12,9
8	487.413	5.707.474	377,9	FUE1	Nein	ENERCON	E-115-3.000	3.000	115,7	149,1	2.066	12,4
9	487.165	5.706.957	380,0	FUE2	Nein	ENERCON	E-126 EP4-4.200	4.200	127,0	135,0	2.108	11,6
10	488.119	5.706.515	399,3	M120	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
11	487.658	5.707.330	381,7	M137	Nein	ENERCON	E-66/18.70-1.800	1.800	70,0	98,0	1.486	22,0
12	488.278	5.706.973	391,7	M164	Ja	ENERCON	E-126 EP3-4.000	4.000	126,7	135,3	1.746	12,4
13	487.856	5.707.032	384,2	M165	Ja	ENERCON	E-126 EP3-4.000	4.000	126,7	135,3	1.746	12,4
14	487.180	5.707.808	373,2	M187	Ja	ENERCON	E-126 EP3-4.000	4.000	126,7	135,3	1.746	12,4
15	487.852	5.707.613	379,6	M159	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
16	488.281	5.707.505	377,6	M186	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
17	488.126	5.708.050	370,7	M168	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
18	487.700	5.708.176	367,5	M162	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
19	487.343	5.708.129	368,8	M125	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
20	486.891	5.708.115	367,4	M182	Ja	ENERCON	E-126 EP3-4.000	4.000	126,7	135,3	1.746	12,4
21	487.559	5.707.825	375,0	M129	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
22	488.004	5.707.318	382,1	M194	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
23	487.570	5.708.630	355,0	M128	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
24	487.145	5.708.417	363,1	M126	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	160,0	1.679	13,0
25	487.396	5.708.450	360,9	M167	Ja	ENERCON	E-138 EP3-3.500	3.500	138,3	159,6	1.679	10,8
26	487.986	5.708.752	364,1	M176	Ja	NORDEX	N149/4.0-4.5-4.500	4.500	149,0	164,0	1.819	10,7
27	487.995	5.708.375	360,6	M190	Ja	NORDEX	N149/5.X-5.700	5.700	149,0	164,0	1.805	10,7

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
					[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
A	IP01	486.766	5.707.431	375,3	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
B	IP02	486.723	5.707.477	375,8	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
C	IP03	486.387	5.707.888	368,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D	IP04	486.242	5.707.950	367,1	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
E	IP05	486.034	5.707.824	365,5	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:

Wohlbacht_Finale Planung

Lizenzierter Anwender:

Lackmann Phymetric GmbH
 Vattmannstraße 6
 DE-33100 Paderborn
 +49 05251-68 25 80
 Tido.Hagen / Tido.Hagen@phymetric.de
 Berechnet:
 28.04.2023 09:19/3.6.361

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: GB Fürstenberg

...(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]
F	IP06	485.231	5.708.090	352,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
G	IP07	485.053	5.708.236	352,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
H	IP08	484.140	5.708.127	350,8	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
I	IP09	483.963	5.708.158	351,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
J	IP10	483.566	5.708.183	351,5	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
K	IP11	484.423	5.707.560	364,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0

Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

astron. max. mögl. Beschattungsdauer

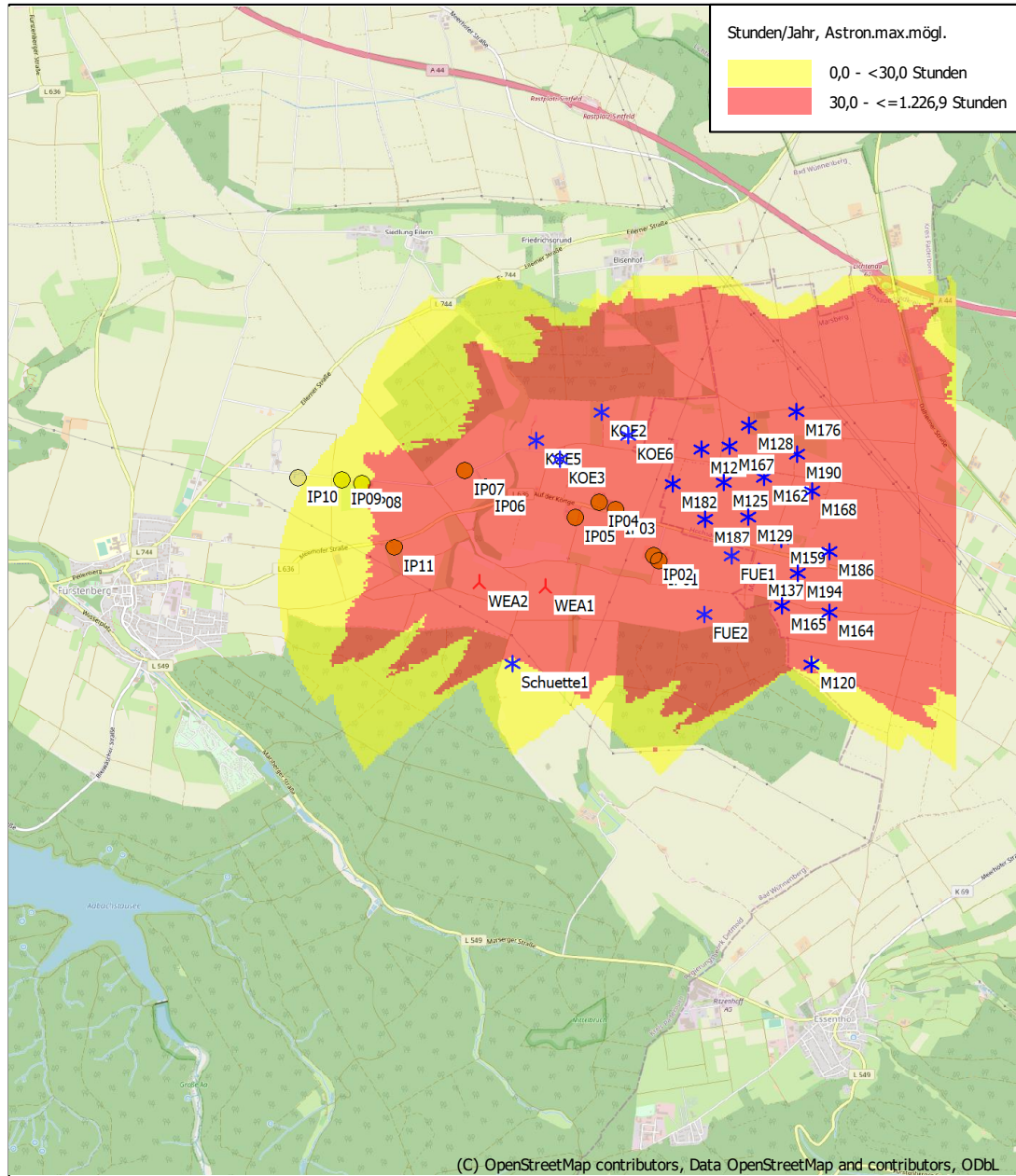
Nr.	Name	Stunden/Jahr [h/a]	Schattentage/Jahr [d/a]	Max.Schattendauer/Tag [h/d]
A	IP01	216:01	329	1:18
B	IP02	211:15	326	1:13
C	IP03	249:06	357	1:26
D	IP04	240:31	348	1:20
E	IP05	201:54	320	1:10
F	IP06	104:57	194	1:12
G	IP07	78:00	181	0:40
H	IP08	21:38	68	0:29
I	IP09	13:57	42	0:26
J	IP10	0:00	0	0:00
K	IP11	50:15	93	1:09

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal [h/a]
1	WEA1	241:53
2	WEA2	133:16
3	Schuette1	12:19
4	KOE2	9:12
5	KOE3	41:51
6	KOE5	33:40
7	KOE6	16:25
8	FUE1	60:28
9	FUE2	93:19
10	M120	8:03
11	M137	10:55
12	M164	7:18
13	M165	18:59
14	M187	36:05
15	M159	31:49
16	M186	10:26
17	M168	21:13
18	M162	17:38
19	M125	37:46
20	M182	112:29
21	M129	78:53
22	M194	14:13
23	M128	37:07
24	M126	36:50
25	M167	48:45
26	M176	17:57
27	M190	17:56

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.

SHADOW - Karte
Berechnung: GB Fürstenberg



0 500 1000 1500 2000 m

Karte: EMD OpenStreetMap , Maßstab 1:50.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 485.480 Nord: 5.707.180
 ① Neue WEA * Existierende WEA ● Schattenrezeptor
 Höhe der Schattenkarte: PrjAss Höhenraster

Abschlussbetrachtung

Die Anlagen der Zusatzbelastung führen an 10 der insgesamt 11 untersuchten Immissionsorten zu zusätzlichem Schattenwurf. An 7 dieser Immissionsorte ist der zulässige Richtwert von 30 Stunden pro Jahr bereits durch die Vorbelastung überschritten. An diesen Punkten ist kein weiterer Schattenwurf durch die Zusatzbelastung zulässig.

Als Ergebnis der Schattenwurfprognose ist festzuhalten, dass beide antragsgegenständlichen WEA mit einem Schattenwurfabschaltmodul auszustatten sind, um Richtwertüberschreitungen an umliegenden Immissionsorten zu vermeiden.

Unter Berücksichtigung der Abschaltungen werden die Richtwerte von 30 Stunden pro Jahr und 30 Minuten pro Tag an allen Immissionspunkten im Einwirkungsbereich der Neuplanung eingehalten.

Literaturverzeichnis

- [1] BImSchG Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG)

- [2] Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise)
Länderausschuss für Immissionsschutz, Arbeitskreis Lichtimmissionen
2002

- [3] windPRO Wiki, EMD International A/S,
http://help.emd.dk/mediawiki/index.php?title=Handbuch_SHADOW,
Letzter Zugriff am 11.12.2019

Anhang

Kalender pro IP	1
Grafischer Kalender pro IP	15
Kalender pro WEA	17
Grafischer Kalender pro WEA	21