

Schattenwurfanalyse  
für den Betrieb  
von Windenergieanlagen  
für den Standort

## **Möhnesee-Brüningsen**

2 x Nordex N149/5.X auf 164m Nabenhöhe  
& 2 x Nordex N163/6.X auf 164m Nabenhöhe  
unter Berücksichtigung diverser  
weiterer Vorbelastung

Auftraggeber: WestfalenWIND Planungs GmbH & Co. KG  
Vattmannstraße 6  
33100 Paderborn

Auftragnehmer: reko GmbH & Co. KG  
Sander Bruch Str. 10  
33106 Paderborn

Datum: 19.10.2022

## Ergebnisüberblick

Im Auftrag der WestfalenWIND Planungs GmbH & Co. KG aus Paderborn wurde der Standort auf den Flächen der Gemeinde Möhnesee, in Nordrhein-Westfalen für zwei Nordex-Anlagen vom Typ N149/5.X auf 164m Nabenhöhe (WEA 01 + WEA 03) und zwei Nordex-Anlagen vom Typ N163/6.X auf 164m Nabenhöhe (WEA 02 + WEA 04) hinsichtlich möglichen Schattenwurfs untersucht.

Berücksichtigte Anlagentypen, Nabenhöhen und die jeweiligen Koordinaten im UTM ETRS89 System der Zone 32 sind dem Kapitel „Projekthinhalte“ zu entnehmen.

Die Untersuchung der Zusatzbelastung zeigt, dass die neuen, hier beurteilten Anlagen am Rezeptor IP 02a „Wollmeine 20/22“ periodischen Schattenwurf oberhalb der Richtwerte verursachen.

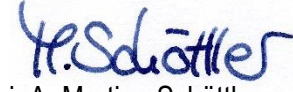
Dementsprechend kann festgehalten werden, dass die neuen schattenverursachenden Anlagen mit einem Schattenwurfabschaltmodul ausgestattet werden müssen, um das Einhalten der Richtwerte zu gewährleisten.“

Diese Richtwerte sind „worst-case“ mit maximal 30 h / Jahr und maximal 30 min / Tag definiert worden.

Unter Berücksichtigung der vorangegangenen Ausführungen und der nachfolgend detailliert beschriebenen Vorgehensweise, stehen der Errichtung der Nordex-Windkraftanlagen vom Typ N149/5.x auf 164m Nabenhöhe und N163/6.x auf 164m Nabenhöhe an diesem Standort keine schattenwurftechnischen Belange entgegen.

Paderborn, 19.10.2022

reko GmbH & Co. KG



i. A. Martina Schöttler

reko GmbH & Co. KG



i. A. Barbara Bendix

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
Ergebnisüberblick	2
Inhaltsverzeichnis	3
Aufgabenbeschreibung	4
Gesamtübersichtsplan (nicht maßstabsgetreu)	5
Detaillageplan (nicht maßstabsgetreu)	6
Projekthinhalte	7
Schattenwurf Grundsätze	9
Eingangsparameter der Berechnung	10
Grenzentfernung	11
Vorbelastung	12
Zusatzbelastung	15
Gesamtbelastung	18
Karte ISO Schattenwurflinien Gesamtbelastung (nicht maßstabsgetreu)	21
Abschlussbetrachtung	22
Ergänzungen	24

Anhang 1: Deckblatt LAI (WKA-Schattenwurfhinweise) Aktualisierung 2019

## Aufgabenbeschreibung

Windkraftanlagen können bei Sonnenschein zu erheblichen beweglichen Schattenwurf führen, der durch die Drehbewegung der Rotorblätter verursacht wird.

Liegen Fenster von Wohnhäusern im Bereich des Schlagschattens, so kann es zu bestimmten Zeiten zu einer deutlichen Wahrnehmbarkeit des Schattens auch innerhalb von Gebäuden kommen. Da dieser Schlagschatten zyklisch ist und die Wirkung dieses Effekts auf den Menschen nicht medizinisch geklärt ist, kann man davon ausgehen, dass das Wohlbefinden innerhalb dieser vom Schlagschatten betroffenen Räume beeinträchtigt wird.

Ausdehnung und Frequenz des Schattenwurfs variieren je nach Stand der Sonne und nach Ausrichtung der Windkraftanlage. Damit sind sie abhängig von Tageszeit, Jahreszeit, Breitengrad, Längengrad und Windrichtung. Der zyklische Schlagschatten ist natürlich auch außerhalb von Gebäuden wahrnehmbar, aber bei den Lichtverhältnissen im Freien ist er deutlich weniger spürbar.

Diese Analyse wird erstellt, um die Wirkung der Windenergieanlage auf umliegende Wohnhäuser zu untersuchen. Hierbei werden die Schattenverläufe unter Berücksichtigung der Sonnenstandsdaten des Standortes und der Abhängigkeiten zur Anlage, wie Turmhöhe und Rotordurchmesser bei bestimmten Jahres- und Tageszeiten berechnet und abgebildet.

Die angenommenen Rezeptoren wurden exemplarisch gesetzt um aufzuzeigen, ob und wie viel Schattenwurf dort entsteht und ob grundsätzlich der Einbau von Abschaltmodulen vorgesehen werden muss. Es liegen evtl. noch weitere Häuser im Beschattungsbereich, die aber erst später für eine Programmierung einer evtl. notwendigen Schattenwurfschaltautomatik berechnet werden müssen.

Der Auftraggeber, die WestfalenWIND Planungs GmbH & Co. KG aus Paderborn, plant auf den Flächen der Gemeinde Möhnesee, in Nordrhein-Westfalen insgesamt vier Windenergieanlagen.

Die geplanten Windenergieanlagen sind vom deutschen Hersteller NORDEX. Die Anlagen mit der Bezeichnung „WEA 01“ und „WEA 03“ sind vom Typ N149/5.X mit einem Rotordurchmesser von 149 Metern und einer Nabenhöhe von 164 Metern. Die Nennleistung dieses Typs liegt bei 5.700 kW.

Die Anlagen mit der Bezeichnung „WEA 02“ und „WEA 04“ sind vom Typ N163/6.X mit einem Rotordurchmesser von 163 Metern und einer Nabenhöhe von 164 Metern. Die Nennleistung dieses Typs liegt bei 6.800 kW.

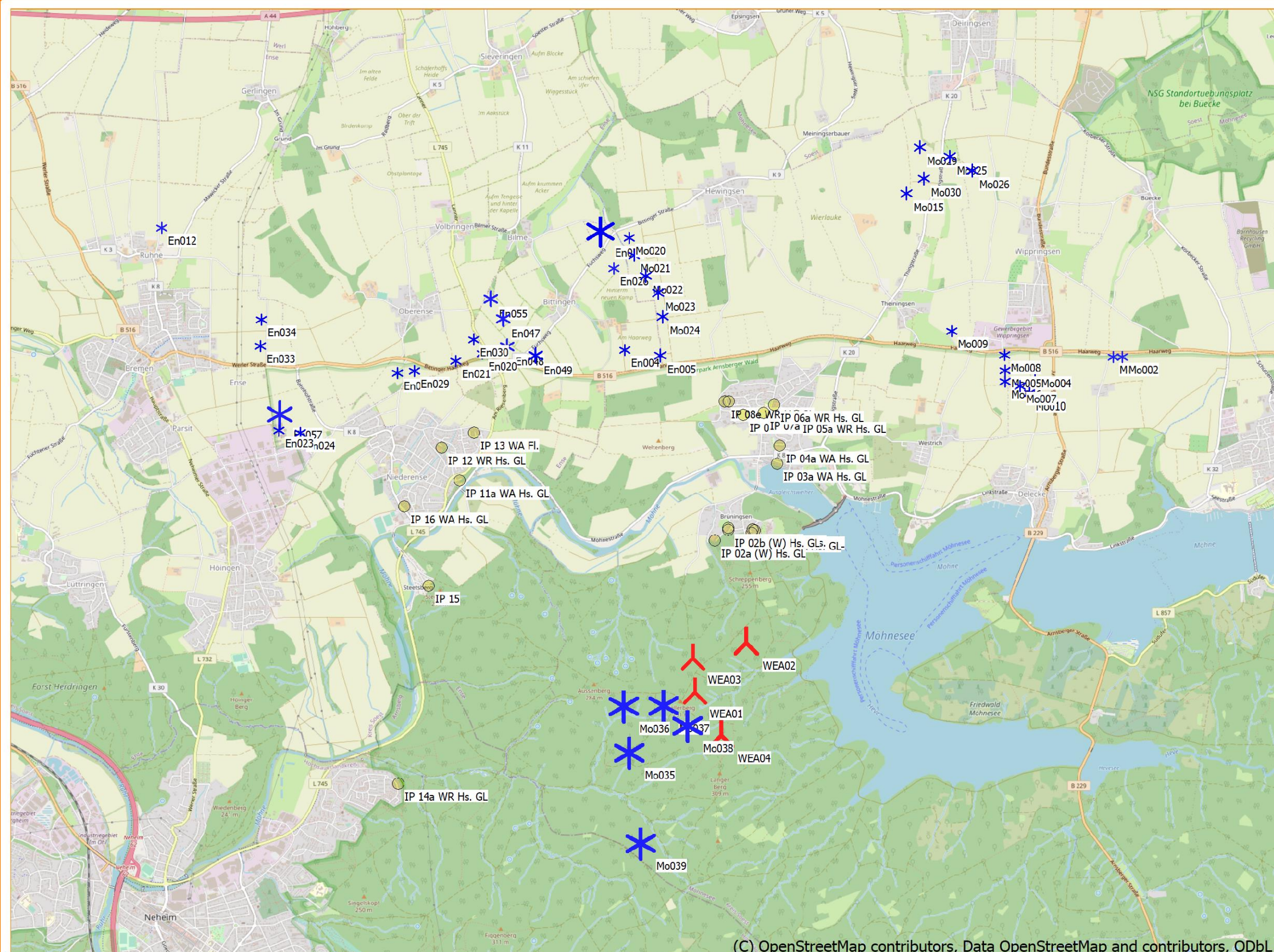
Die Koordinaten der neuen Anlagen wurden einer Excel-Liste entnommen, die uns der Auftraggeber per Mail vom 12.05.2022 zur Verfügung gestellt hat.

Der Standort liegt im Kreis Soest, in Nordrhein-Westfalen.

.



### Gesamtübersichtsplan (nicht maßstabsgetreu)



Projekt:

## Möhnesee-Brüningsen

**BASIS -**  
**Karte**  
**Berechnung:**  
Projekteinhalte

Lizenzierter Anwender:

**reko GmbH & Co. KG**

Sander Bruch Str. 10  
DE-33106 Paderborn  
+49 (0) 5254/9528129

**Berechnet:**

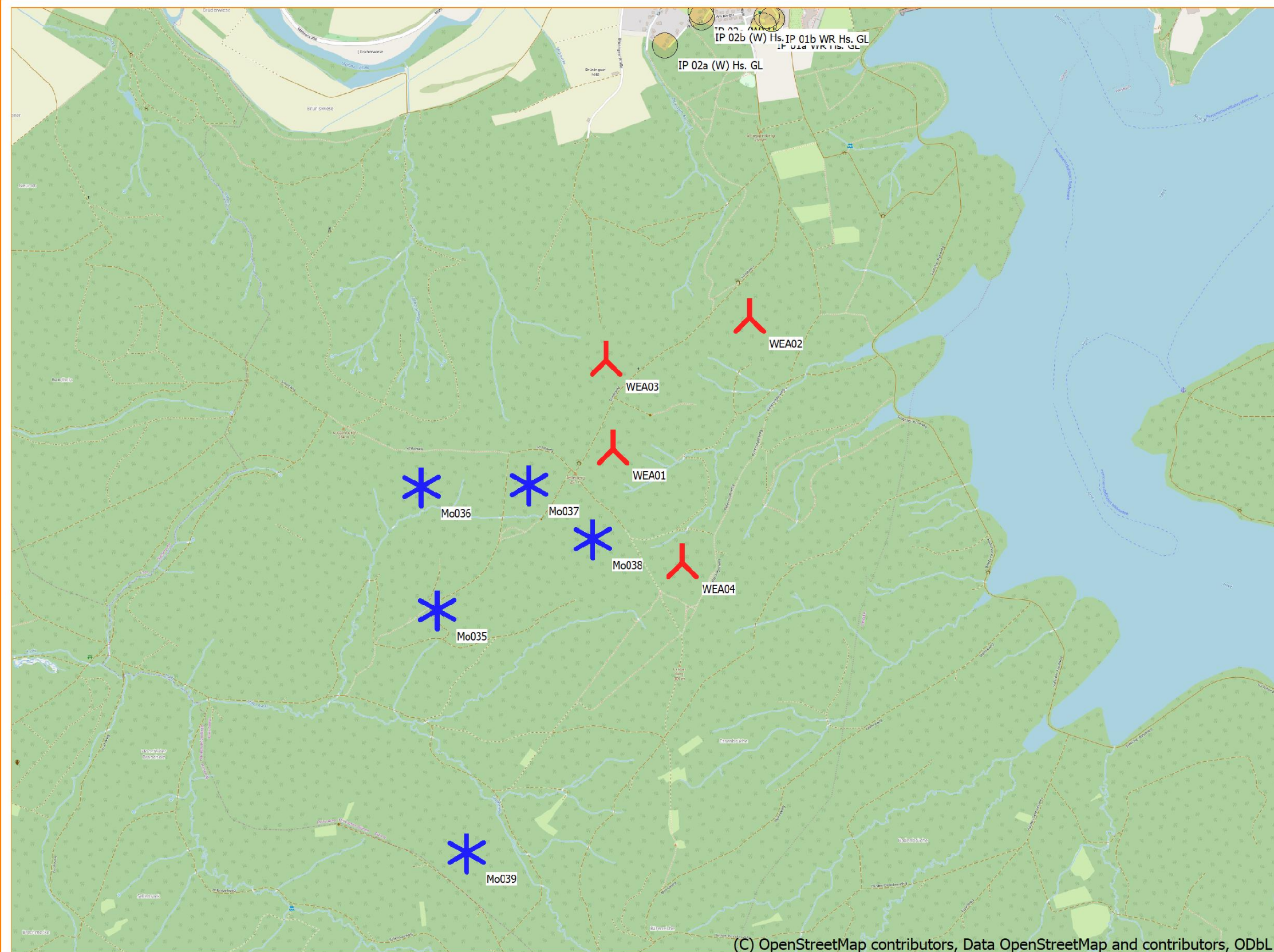
18.10.2022 10:01/3.4.424

 Neue WEA

Karte: EMD OpenStreetMap , Maßstab 1:40.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 432.941 Nord: 5.705.310  
 \* Existierende WEA ☀ Schattenrezeptor



Detaillageplan (nicht maßstabsgetreu)



Projekt:

**Möhnesee-Brüningsen**

**BASIS -  
Karte**

**Berechnung:**  
Projekthinhalte

Lizenzierter Anwender:

**reko GmbH & Co. KG**

Sander Bruch Str. 10  
DE-33106 Paderborn  
+49 (0) 5254/9528129

Berechnet:

18.10.2022 10:01/3.4.424

Neue WEA

Karte: EMD OpenStreetMap , Maßstab 1:15.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 433.506 Nord: 5.702.990

Existierende WEA

Schattenrezeptor

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



## Projekthinhalte

Projekt:

**Möhnesee-Brüningsen**

Lizenzierter Anwender:

**reko GmbH & Co. KG**

Sander Bruch Str. 10

DE-33106 Paderborn

+49 (0) 5254/9528129

Berechnet:

18.10.2022 10:01/3.4.424

## BASIS - Projektdaten-Überblick

**Berechnung:** Projekthinhalte

**Land:** Germany

### Karten

Name	Format	Pfad
EMD OpenStreetMap	Blancokarte	Y:\WindPRO Data\Projects\WestfalenWIND\Brüningsen\SCHATTEN\Maps\Dynamic TMS Map 0001.bmi
DE Nordrhein-Westfalen Topo	Bitmap-Datei	Y:\WindPRO Data\Projects\WestfalenWIND\Brüningsen\SCHALL\Maps\WMS Map 001.bmi
DE Nordrhein-Westfalen Luftbild DOP	Bitmap-Datei	Y:\WindPRO Data\Projects\WestfalenWIND\Brüningsen\SCHALL\Maps\WMS Map 002.bmi

**Standortzentrum:** UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 432.941 Nord: 5.705.310

### WEA

	UTM (north)-ETRS89 Zone: 32					WEA-Typ		Typ	Nennleistung	Rotor-durchmesser	Naben-höhe
	Ost	Nord	Z	Beschreibung		Aktuell	Hersteller				
			[m]						[kW]	[m]	[m]
En004	432.616	5.706.431	242,1	En004 E-48/300kW	Existierend	Ja	ENERCON	E-48-800	800	48,0	75,6
En005	432.980	5.706.370	252,9	En005 E-70E4/64m...	Existierend	Nein	ENERCON	E-70 E4-2.000	2.000	71,0	64,0
En012	427.899	5.707.736	213,3	En012 Tacke TW80...	Existierend	Nein	TACKE	TW 80-80	80	21,0	40,0
En020	431.155	5.706.418	240,0	En020 Windworld 500	Existierend	Nein	WINDWORLD	W-4100/500-500	500	41,0	50,0
En021	430.889	5.706.343	240,0	En021 Tacke 600/2...	Existierend	Nein	TACKE	TW 600-600/200	600	43,0	50,0
En023	429.065	5.705.658	220,0	En023 E-40/5.40/65m	Existierend	Nein	ENERCON	E-40/5.40-500	500	40,3	65,0
En024	429.287	5.705.632	223,3	En024 E40/5.40/65m	Existierend	Nein	ENERCON	E-40/5.40-500	500	40,3	65,0
En026	432.515	5.707.267	209,8	En026 E-48/75,6m ...	Existierend	Ja	ENERCON	E-48-800	800	48,0	75,6
En029	430.464	5.706.249	235,0	En029 Tacke 600/2...	Existierend	Nein	TACKE	TW 600-600/200	600	43,0	50,0
En030	431.074	5.706.562	235,4	En030 Tacke 600/2...	Existierend	Nein	TACKE	TW 600-600/200	600	43,0	50,0
En032	430.289	5.706.225	230,0	En032 Windworld 500	Existierend	Nein	WINDWORLD	W-4100/500-500	500	41,0	50,0
En033	428.895	5.706.523	201,2	En033 E-40/5.40/65...	Existierend	Nein	ENERCON	E-40/5.40-500	500	40,3	65,0
En034	428.901	5.706.790	205,6	En034 E-40/5.40/65...	Existierend	Nein	ENERCON	E-40/5.40-500	500	40,3	65,0
En047	431.377	5.706.772	229,5	En047 E-82E2/108,...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82E2-2.300	2.300	82,0	108,4
En048	431.416	5.706.486	237,4	En048 E-82E2/108,...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82E2-2.300	2.300	82,0	108,4
En049	431.705	5.706.386	243,1	En049 E-82E2/108,...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82E2-2.300	2.300	82,0	108,4
En055	431.255	5.706.971	223,6	En055 E-82/108,4m...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82E2-2.300	2.300	82,0	108,4
En056	432.384	5.707.644	186,5	En056 N-149/5.X/1...	Existierend	Ja	NORDEX	N149/5.X-5.700	5.700	149,0	125,0
En057	429.081	5.705.827	211,8	En057 E-138 EP3 E...	Existierend	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	80,3
Mo001	437.605	5.706.294	276,6	Mo001 N27/150kW/...	Existierend	Nein	NORDEX	N27/150-150/30	150	27,0	41,7
Mo002	437.702	5.706.296	275,0	Mo002 N27/150kW/...	Existierend	Nein	NORDEX	N27/150-150/30	150	27,0	41,7
Mo004	436.809	5.706.168	285,0	Mo004 AN 450/37	Existierend	Nein	ANBONUS	AN 450-500	500	37,0	35,0
Mo005	436.501	5.706.177	280,1	Mo005 M570-200/3...	Existierend	Nein	MICON	M570-200/40	200	29,6	36,0
Mo006	436.502	5.706.060	280,7	Mo006 M570-200/3...	Existierend	Nein	MICON	M570-200/40	200	29,6	36,0
Mo007	436.649	5.706.010	285,0	Mo007 M-1500/600 ...	Existierend	Nein	MICON	M1500-600/150	600	43,0	46,0
Mo008	436.502	5.706.329	275,9	Mo008 M1500/600 ...	Existierend	Nein	MICON	M1500-600/150	600	43,0	46,0
Mo009	435.963	5.706.579	270,0	Mo009 M1500/600 ...	Existierend	Nein	MICON	M1500-600/150	600	43,0	46,0
Mo010	436.751	5.705.939	281,1	Mo010 M-1500/600 ...	Existierend	Nein	MICON	M1500-600/150	600	43,0	46,0
Mo015	435.515	5.707.987	215,0	Mo015 GE1.5s/46,5...	Existierend	Ja	GE WIND ENERGY	GE 1.5s-1.500	1.500	70,5	64,7
Mo020	432.681	5.707.570	190,0	Mo020 E-48/300kW	Existierend	Ja	ENERCON	E-48-800	800	48,0	75,6
Mo021	432.725	5.707.391	197,1	Mo021 E-48/300kW	Existierend	Ja	ENERCON	E-48-800	800	48,0	75,6
Mo022	432.839	5.707.184	215,5	Mo022 E-70E4/1.00...	Existierend	Nein	ENERCON	E-70 E4-2.000	2.000	71,0	64,0
Mo023	432.965	5.707.009	222,0	Mo023 E-70E4/1.00...	Existierend	Nein	ENERCON	E-70 E4-2.000	2.000	71,0	64,0
Mo024	433.005	5.706.763	229,9	Mo024 E-70E4/1.00...	Existierend	Nein	ENERCON	E-70 E4-2.000	2.000	71,0	64,0
Mo025	435.967	5.708.361	198,5	Mo025 E70 E4/64m...	Existierend	Ja	ENERCON	E-70 E4 2,3 MW-2.300	2.300	71,0	64,0
Mo026	436.192	5.708.216	213,3	Mo026 E70 E4/64m...	Existierend	Nein	ENERCON	E-70 E4-2.000	2.000	71,0	64,0
Mo029	435.656	5.708.460	190,3	Mo029 E-66/18.70/...	Existierend	Nein	ENERCON	E-66/18.70-1.800	1.800	70,0	65,0
Mo030	435.696	5.708.141	207,7	Mo030 E-70 E4/64...	Existierend	Nein	ENERCON	E-70 E4-2.000	2.000	71,0	64,0
Mo035	432.610	5.702.329	275,2	Mo035 E 160 EP5 E...	Existierend	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6
Mo036	432.556	5.702.800	270,9	Mo036 E 160 EP5 E...	Existierend	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6
Mo037	432.969	5.702.803	286,0	Mo037 E-160 EP5 E...	Existierend	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6
Mo038	433.211	5.702.593	283,7	Mo038 E-160 EP5 E...	Existierend	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6
Mo039	432.712	5.701.399	257,5	Mo039 E-160 EP5 E...	Existierend	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6
WEA01	433.292	5.702.935	290,0	WEA01 N149/5.X 1...	Neu	Ja	NORDEX	N149/5.X-5.700	5.700	149,0	164,0
WEA02	433.823	5.703.432	274,8	WEA02 N163/6.X 1...	Neu	Ja	NORDEX	N163/6.X-6.800	6.800	163,0	164,0
WEA03	433.270	5.703.276	285,0	WEA03 N149/5.X 1...	Neu	Ja	NORDEX	N149/5.X-5.700	5.700	149,0	164,0
WEA04	433.554	5.702.498	271,7	WEA04 N163/6.X 1...	Neu	Ja	NORDEX	N163/6.X-6.800	6.800	163,0	164,0

Projekt:

**Möhnesee-Brüningsen**

Lizenzierter Anwender:

**reko GmbH & Co. KG**  
Sander Bruch Str. 10  
DE-33106 Paderborn  
+49 (0) 5254/9528129

Berechnet:

18.10.2022 10:01/3.4.424

## BASIS - Projektdaten-Überblick

**Berechnung:** Projekteinhalte

### Schattenrezeptor

UTM (north)-ETRS89 Zone: 32

	Ost	Nord	Z	Objektname	Ausrichtung	Länge	Höhe	Höhe über Grund	Winkel
			[m]		[°]	[m]	[m]	[m]	[°]
IP 01a WR Hs. GL	433.891	5.704.548	234,4	IP 01a WR Hs. GL Bergstr. 25	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0
IP 01b WR Hs. GL	433.923	5.704.572	233,7	IP 01b WR Hs. GL Bergstr. 15	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0
IP 01c WR Hs. GL	433.905	5.704.584	231,8	IP 01c WR Hs. GL Bergstr. 17	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0
IP 02a (W) Hs. GL	433.512	5.704.476	211,3	IP 02a (W) Hs. GL Wollmeine 20/22	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0
IP 02b (W) Hs. GL	433.655	5.704.580	212,6	IP 02b (W) Hs. GL Wollmeine 8	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0
IP 02c (W) Hs. GL	433.651	5.704.604	210,3	IP 02c (W) Hs. GL Wollmeine 6	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0
IP 03a WA Hs. GL	434.161	5.705.253	185,4	IP 03a WA Hs. GL Zum Weiher	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0
IP 04a WA Hs. GL	434.187	5.705.435	195,4	IP 04a WA Hs. GL Am Bruch 5a/b	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0
IP 05a WR Hs. GL	434.364	5.705.735	216,6	IP 05a WR Hs. GL Am blauen Rock 8	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0
IP 06a WR Hs. GL	434.142	5.705.851	221,4	IP 06a WR Hs. GL Zum Haarstrang 4	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0
IP 07a WR Hs. GL	434.034	5.705.774	216,3	IP 07a WR Hs. GL Franziskusweg 5	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0
IP 08a WR Hs. GL	433.821	5.705.754	213,9	IP 08a WR Hs. GL Hangstraße 11	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0
IP 08e WR Hs. GL	433.634	5.705.897	230,0	IP 08e WR Hs. GL Rosenweg 33	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0
IP 08f WR Hs. GL	433.673	5.705.893	228,6	IP 08f WR Hs. GL Rosenweg 18	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0
IP 11a WA Hs. GL	430.914	5.705.125	191,2	IP 11a WA Hs. GL Klosterberg 6	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0
IP 12 WR Hs. GL	430.730	5.705.458	197,3	IP 12a WR Hs. GL Am Brautmorgen 28	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0
IP 13 WA Fl.	431.067	5.705.606	215,7	IP 13 WA Fl. B-Pl.Nr. 81 Niederense	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0
IP 14a WR Hs. GL	430.243	5.702.046	190,0	IP 14a WR Hs. GL Moosfelder Höhe 7	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0
IP 15	430.583	5.704.051	191,4	IP 15 Moosfelder Weg 41a	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0
IP 16 WA Hs. GL	430.345	5.704.863	171,7	IP 16a WA Hs. GL Bahnhofstr. 14	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0

### Linien-Objekte

UTM (north)-ETRS89 Zone: 32

	Ost	Nord	Z	Objektname	Datei	Zweck
			[m]			
A	433.298	5.706.803	0,0	21_10_26 Höhen NEU NRW 5m	Y:\WindPRO Data\Projects\Westfalen\WIND\Brüningsen\Höhen NEU NRW 5m\21_10_26 Höhen NEU NRW 5m 20x20km.wpo	Höhenlinien



## Schattenwurf Grundsätze

Wenn Rotorblätter einer Windkraftanlage den Flächenwinkel zwischen einem Objekt und der Sonne kreuzen, wirkt sich das als Schattenwurf auf das Objekt oder einen Betrachter aus.

Es gibt zwei Definitionen von Schatten, einmal der Schlagschatten, das ist der Schatten der durch die beweglichen Teile einer Windkraftanlage, die Rotorblätter erzeugt wird.

Der Kernschatten, ist der Schatten der vom Turm erzeugt wird und der nur vom Sonnenstand abhängig ist. Diese Art Schatten wird nicht betrachtet da er von untergeordneter Bedeutung ist.

Es treten zwei Extremformen von Schlagschatten (beweglichem Schatten), je nach Ausrichtung einer WKA zur Sonne auf:

- Periodisch schlagartig auftretende Schatten, deren Amplitude vom Sonnenstand abhängig ist. Wenn die Anlage frontal zur Sonne ausgerichtet ist und die Rotorblätter bei der Drehbewegung den Flächenwinkel zwischen Sonne und Betrachter bzw. Immissionspunkt kreuzen, wird diese Art Schatten erzeugt.
- Periodisch an- und abschwellende Schatten, deren Amplitude sich mit der Drehbewegung der Rotorblätter verändert. Die maximale Amplitude ist dabei vom Sonnenstand abhängig. Diese Schattenform tritt dann auf, wenn die WKA lateral zur Sonne ausgerichtet ist.

Im Gegensatz zur zweiten Form verändert sich die Amplitude des Schattens an einem festen Ort innerhalb eines Zyklus nicht.

Der Schattenverlauf beschreibt während einer Umdrehung eine Ellipse, deren eine Halbachse dem Rotordurchmesser entspricht und die Länge der anderen Halbachse von Sonnenstand abhängig ist.

Da die Windkraftanlagen weder vollständig lateral noch vollständig frontal zur Sonne ausgerichtet sein werden, wird eine Mischform dieser beiden Schattenarten auftreten.

## Eingangsparameter der Berechnung

Der Verlauf des Schattens wird für ein normales Fenster von 0,1 m Breite, 0,1 m Höhe und 2 m Abstand vom Boden betrachtet. Bei der Ausrichtung Gewächshausmodus ist der Schattenrezeptor waagrecht angeordnet.

Hierdurch wird gewährleistet, dass dieser Schattenrezeptor an diesem Immissionspunkt jeden Schattenwurf, der durch egal welche der zu betrachtenden Anlagen verursacht wird, erfassen kann. Dies ist deswegen erforderlich, da bei senkrechter Ausrichtung zu einer Fassade, der Schattenrezeptor nur einige Anlagen, die in der direkten Ausrichtung zur Hausfront liegen, berücksichtigen kann.

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

Die Berechnung beruht dabei auf folgenden Daten und Zusammenhängen:

- Position der WKA mit X, Y, und Z Koordinaten
- Nabenhöhe und Rotordurchmesser der WKA
- 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

Des Weiteren wird zur Ermittlung der Schattenreichweite das 20% Verdeckungskriterium angesetzt.

Hierbei wird mit den Blattdaten, die uns der Hersteller zur Verfügung gestellt hat, ermittelt wann die Sonnenscheibe zu 20% verdeckt ist. Erst dann kann von wahrnehmbarem Schattenwurf ausgegangen werden.

Es werden die ISO-Zeitlinien dargestellt, die Flächen mit gleicher Schattendauer um die Windkraftanlagen haben.



## Grenzentfernung

Bei niedrigeren Sonnenständen (geringeren Höhenwinkeln), können sich bei der Berechnung theoretische Schattenlängen bis zu 2.000 m und mehr ergeben. Tatsächlich wird man in dieser Entfernung keinen Kernschatten mehr wahrnehmen können, da der größte Teil der Sonnenstrahlung diffus ist. Aufgrund des größeren Öffnungswinkels der Sonne, wird der sichtbare Sonnendurchmesser durch den Turm oder die Flügel der WKA nur noch teilweise verdeckt und der Schlagschatteneffekt in dieser Entfernung nicht bzw. stark vermindert auftreten.

Die Wirkung des Schattens auf den Beobachter wird maßgeblich durch die Art des Schattens bestimmt (Kernschatten oder diffuser Schatten). Diffus ist ein Schatten dann, wenn er keine klaren abgegrenzten Ränder mehr hat, z.B. wenn die Sonne durch das durchlaufende Rotorblatt zu keinem Zeitpunkt völlig verdeckt wird. Je mehr von der Sonne erkennbar ist, desto diffuser ist der Schatten.

Die Grenzentfernung, ab den Schatten diffus werden, lässt sich mathematisch berechnen. Mit dem mittleren Abstand Sonne zur Erde von  $1,49 \times 10^8$  km und einem mittleren Sonnendurchmesser von  $1,39 \times 10^6$  km erhält man einen durchschnittlichen von der Sonne eingenommenen Winkel von  $0,53^\circ$ .

Die Trübung des Himmels kommt als Wirkung noch hinzu. Bei geringerer Sonnenhöhe hat die Trübung des Himmels einen größeren Einfluss, da die Sonnenstrahlen dann einen längeren Weg durch die Atmosphäre zurücklegen müssen. Durch die Moleküle und Staub sowie andere Verunreinigungen der Luft wird dieser Streueffekt erzeugt.

Es wurde in der Berechnungskonfiguration ein maximaler Beschattungsbereich von 1.808 m gemäß den Blattdaten bei 90% des Rotordurchmessers, sowie der maximalen Blatattiefe ermittelt. Dieser trifft auf die in der Vorbelastung berücksichtigte Nordex N149/5.X auf 125 m Nabenhöhe zu.

Gemäß den LAI (WKA-Schattenwurfhinweise) Aktualisierung 2019 mit Stand 23.01.2020 wird für nicht mehr ganz aktuelle Gesamthöhen von bis zu 140 m ein Beschattungsbereich von 1.300 m als ausreichend angesehen. Siehe Graphik der aktuellen LAI Hinweise auf Seite 9.

## Vorbelastung

Projekt:

**Möhnesee-Brüningsen**

Lizenzierter Anwender:

**reko GmbH & Co. KG**  
Sander Bruch Str. 10  
DE-33106 Paderborn  
+49 (0) 5254/9528129

Berechnet:

19.09.2022 11:09/3.4.424

## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** Schattenwurf Vorbelastung

### Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

Beschattungsbereich der WEA

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

Siehe WEA-Tabelle

Minimale relevante Sonnenhöhe über Horizont

3 °

Tage zwischen Berechnungen

1 Tag(e)

Berechnungszeitsprung

1 Minuten

Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [BAD LIPPSPRINGE]

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
S	1,58	3,21	3,35	5,03	6,68	5,58	6,26	5,85	4,04	3,08	2,01	1,34

Betriebsdauer je Sektor

	N	NNO	ONO	O	OSO	SSO	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Summe
Betriebsdauer	261	393	465	559	645	475	572	869	1.140	1.059	606	326	7.370

Eine WEA wird nicht berücksichtigt, wenn sie von keinem Teil der

Rezeptorfläche aus sichtbar ist. Die Sichtbarkeitsberechnung basiert auf

den folgenden Annahmen:

Verwendete Höhenlinien: 21\_10\_26 Höhen NEU NRW 5m

Hindernisse in Berechnung verwendet

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

Rasterauflösung: 1,0 m

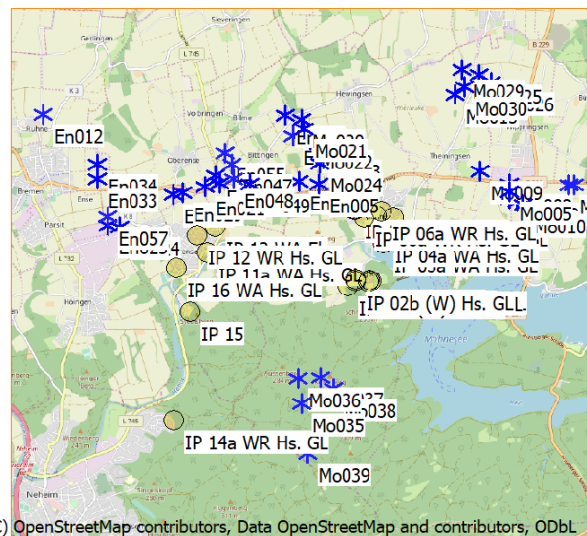
Alle Koordinatenangaben in:

UTM (north)-ETRS89 Zone: 32

### 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]
En004	432.616	5.706.431	242,1	En004 E-48/...	Ja	ENERCON	E-48-800	800	48,0	75,6	1.047	30,0
En005	432.980	5.706.370	252,9	En005 E-70E...	Nein	ENERCON	E-70 E4-2.000	2.000	71,0	64,0	1.644	20,0
En012	427.899	5.707.736	213,3	En012 Take...	Nein	TACKE	TW 80-80	80	21,0	40,0	2.500	0,0
En020	431.155	5.706.418	240,0	En020 Wind...	Nein	WINDWORLD	W-4100/500-500	500	41,0	50,0	2.500	0,0
En021	430.889	5.706.343	240,0	En021 Take...	Nein	TACKE	TW 600-600/200	600	43,0	50,0	2.500	27,0
En023	429.065	5.705.658	220,0	En023 E-40/...	Nein	ENERCON	E-40/5.40-500	500	40,3	65,0	897	38,0
En024	429.287	5.705.632	223,3	En024 E40/5...	Nein	ENERCON	E-40/5.40-500	500	40,3	65,0	897	38,0
En026	432.515	5.707.267	209,8	En026 E-48/...	Ja	ENERCON	E-48-800	800	48,0	75,6	1.047	30,0
En029	430.464	5.706.249	235,0	En029 Take...	Nein	TACKE	TW 600-600/200	600	43,0	50,0	2.500	27,0
En030	431.074	5.706.562	235,4	En030 Take...	Nein	TACKE	TW 600-600/200	600	43,0	50,0	2.500	27,0
En032	430.289	5.706.225	230,0	En032 Wind...	Nein	WINDWORLD	W-4100/500-500	500	41,0	50,0	2.500	0,0
En033	428.895	5.706.523	201,2	En033 E-40/...	Nein	ENERCON	E-40/5.40-500	500	40,3	65,0	897	38,0
En034	428.901	5.706.790	205,6	En034 E-40/...	Nein	ENERCON	E-40/5.40-500	500	40,3	65,0	897	38,0
En047	431.377	5.706.772	229,5	En047 E-82E...	Ja	ENERCON	E-82E2-2.300	2.300	82,0	108,4	1.601	18,0
En048	431.416	5.706.486	237,4	En048 E-82E...	Ja	ENERCON	E-82E2-2.300	2.300	82,0	108,4	1.601	18,0
En049	431.705	5.706.386	243,1	En049 E-82E...	Ja	ENERCON	E-82E2-2.300	2.300	82,0	108,4	1.601	18,0
En055	431.255	5.706.971	223,6	En055 E-82/...	Ja	ENERCON	E-82E2-2.300	2.300	82,0	108,4	1.601	18,0
En056	432.384	5.707.644	186,5	En056 N-149...	Ja	NORDEX	N149/5.X-5.700	5.700	149,0	125,0	1.808	10,7
En057	429.081	5.705.827	211,8	En057 E-138...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	80,3	1.684	13,0
Mo001	437.605	5.706.294	276,6	Mo001 N27/...	Nein	NORDEX	N27/150-150/30	150	27,0	41,7	2.500	36,0
Mo002	437.702	5.706.296	275,0	Mo002 N27/...	Nein	NORDEX	N27/150-150/30	150	27,0	41,7	2.500	36,0
Mo004	436.809	5.706.168	285,0	Mo004 AN 4...	Nein	ANBONUS	AN 450-500	500	37,0	35,0	2.500	30,0
Mo005	436.501	5.706.177	280,1	Mo005 M570...	Nein	MICON	M570-200/40	200	29,6	36,0	2.500	37,5
Mo006	436.502	5.706.060	280,7	Mo006 M570...	Nein	MICON	M570-200/40	200	29,6	36,0	2.500	37,5
Mo007	436.649	5.706.010	285,0	Mo007 M-15...	Nein	MICON	M1500-600/150	600	43,0	46,0	2.500	27,0
Mo008	436.502	5.706.329	275,9	Mo008 M150...	Nein	MICON	M1500-600/150	600	43,0	46,0	2.500	27,0
Mo009	435.963	5.706.579	270,0	Mo009 M150...	Nein	MICON	M1500-600/150	600	43,0	46,0	2.500	27,0
Mo010	436.751	5.705.939	281,1	Mo010 M-15...	Nein	MICON	M1500-600/150	600	43,0	46,0	2.500	27,0
Mo015	435.515	5.707.987	215,0	Mo015 GE1.5...	Ja	GE WIND ENERGY	GE 1.5s-1.500	1.500	70,5	64,7	2.500	20,0
Mo020	432.681	5.707.570	190,0	Mo020 E-48/...	Ja	ENERCON	E-48-800	800	48,0	75,6	1.047	30,0
Mo021	432.725	5.707.391	197,1	Mo021 E-48/...	Ja	ENERCON	E-48-800	800	48,0	75,6	1.047	30,0
Mo022	432.839	5.707.184	215,5	Mo022 E-70E...	Nein	ENERCON	E-70 E4-2.000	2.000	71,0	64,0	1.644	20,0
Mo023	432.965	5.707.009	222,0	Mo023 E-70E...	Nein	ENERCON	E-70 E4-2.000	2.000	71,0	64,0	1.644	20,0
Mo024	433.005	5.706.763	229,9	Mo024 E-70E...	Nein	ENERCON	E-70 E4-2.000	2.000	71,0	64,0	1.644	20,0
Mo025	435.967	5.708.361	198,5	Mo025 E70 E...	Ja	ENERCON	E-70 E4 2,3 MW-2.300	2.300	71,0	64,0	1.644	20,0
Mo026	436.192	5.708.216	213,3	Mo026 E70 E...	Nein	ENERCON	E-70 E4-2.000	2.000	71,0	64,0	1.644	20,0

(Fortsetzung nächste Seite)...



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

Maßstab 1:125.000

\* Existierende WEA

☼ Schattenrezeptor



Projekt:

**Möhnesee-Brüningsen**

Lizenzierter Anwender:

**reko GmbH & Co. KG**  
Sander Bruch Str. 10  
DE-33106 Paderborn  
+49 (0) 5254/9528129

Berechnet:

19.09.2022 11:09/3.4.424

## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** Schattenwurf Vorbelastung

... (Fortsetzung von vorheriger Seite)

	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]
Mo029	435.656	5.708.460	190,3	Mo029 E-66/...	Nein	ENERCON	E-66/18.70-1.800	1.800	70,0	65,0	1.487	22,0
Mo030	435.696	5.708.141	207,7	Mo030 E-70 ...	Nein	ENERCON	E-70 E4-2.000	2.000	71,0	64,0	1.644	20,0
Mo035	432.610	5.702.329	275,2	Mo035 E 160...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	1.781	9,6
Mo036	432.556	5.702.800	270,9	Mo036 E 160...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	1.781	9,6
Mo037	432.969	5.702.803	286,0	Mo037 E-160...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	1.781	9,6
Mo038	433.211	5.702.593	283,7	Mo038 E-160...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	1.781	9,6
Mo039	432.712	5.701.399	257,5	Mo039 E-160...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	1.781	9,6

## 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]
IP 01a	WR Hs. GL IP 01a WR Hs. GL Bergstr. 25	433.891	5.704.548	234,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 01b	WR Hs. GL IP 01b WR Hs. GL Bergstr. 15	433.923	5.704.572	233,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 01c	WR Hs. GL IP 01c WR Hs. GL Bergstr. 17	433.905	5.704.584	231,8	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 02a	(W) Hs. GL IP 02a (W) Hs. GL Wollmeine 20/22	433.512	5.704.476	211,3	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 02b	(W) Hs. GL IP 02b (W) Hs. GL Wollmeine 8	433.655	5.704.580	212,6	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 02c	(W) Hs. GL IP 02c (W) Hs. Wollmeine 6	433.651	5.704.604	210,3	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 03a	WA Hs. GL IP 03a WA Hs. GL Zum Weiher	434.161	5.705.253	185,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 04a	WA Hs. GL IP 04a WA Hs. GL Am Bruch 5a/b	434.187	5.705.435	195,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 05a	WR Hs. GL IP 05a WR Hs. GL Am blauen Rock 8	434.364	5.705.735	216,6	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 06a	WR Hs. GL IP 06a WR Hs. GL Zum Haarstrang 4	434.142	5.705.851	221,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 07a	WR Hs. GL IP 07a WR Hs. GL Franziskusweg 5	434.034	5.705.774	216,3	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 08a	WR Hs. GL IP 08a WR Hs. GL Hangstraße 11	433.821	5.705.754	213,9	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 08e	WR Hs. GL IP 08e WR Hs. GL Rosenweg 33	433.634	5.705.897	230,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 08f	WR Hs. GL IP 08f WR Hs. GL Rosenweg 18	433.673	5.705.893	228,6	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 11a	WA Hs. GL IP 11a WA Hs. GL Klosterberg 6	430.914	5.705.125	191,2	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 12	WR Hs. GL IP 12a WR Hs. GL Am Brautmorgen 28	430.730	5.705.458	197,3	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 13	WA Fl. IP 13 WA Fl. B-Pl.Nr. 81 Niederense	431.067	5.705.606	215,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 14a	WR Hs. GL IP 14a WR Hs. GL Moosfelder Höhe 7	430.243	5.702.046	190,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 15	IP 15 Moosfelder Weg 41a	430.583	5.704.051	191,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 16	WA Hs. GL IP 16a WA Hs. GL Bahnhofstr. 14	430.345	5.704.863	171,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0

## Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

		astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattung	
Nr.	Name	Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr	Max.Schattendauer/Tag	Stunden/Jahr	
		[h/a]	[d/a]	[h/d]	[h/a]	
IP 01a	WR Hs. GL IP 01a WR Hs. GL Bergstr. 25	0:00	0	0:00	0:00	
IP 01b	WR Hs. GL IP 01b WR Hs. GL Bergstr. 15	0:00	0	0:00	0:00	
IP 01c	WR Hs. GL IP 01c WR Hs. GL Bergstr. 17	0:00	0	0:00	0:00	
IP 02a	(W) Hs. GL IP 02a (W) Hs. GL Wollmeine 20/22	0:00	0	0:00	0:00	
IP 02b	(W) Hs. GL IP 02b (W) Hs. GL Wollmeine 8	0:00	0	0:00	0:00	
IP 02c	(W) Hs. GL IP 02c (W) Hs. GL Wollmeine 6	0:00	0	0:00	0:00	
IP 03a	WA Hs. GL IP 03a WA Hs. GL Zum Weiher	0:05	3	0:02	0:01	
IP 04a	WA Hs. GL IP 04a WA Hs. GL Am Bruch 5a/b	1:35	34	0:05	0:20	
IP 05a	WR Hs. GL IP 05a WR Hs. GL Am blauen Rock 8	3:04	35	0:11	0:40	
IP 06a	WR Hs. GL IP 06a WR Hs. GL Zum Haarstrang 4	4:04	26	0:14	0:52	
IP 07a	WR Hs. GL IP 07a WR Hs. GL Franziskusweg 5	7:57	47	0:14	1:36	
IP 08a	WR Hs. GL IP 08a WR Hs. GL Hangstraße 11	0:00	0	0:00	0:00	
IP 08e	WR Hs. GL IP 08e WR Hs. GL Rosenweg 33	0:00	0	0:00	0:00	
IP 08f	WR Hs. GL IP 08f WR Hs. GL Rosenweg 18	6:11	30	0:16	1:03	
IP 11a	WA Hs. GL IP 11a WA Hs. GL Klosterberg 6	0:00	0	0:00	0:00	
IP 12	WR Hs. GL IP 12a WR Hs. GL Am Brautmorgen 28	0:00	0	0:00	0:00	
IP 13	WA Fl. IP 13 WA Fl. B-Pl.Nr. 81 Niederense	0:00	0	0:00	0:00	
IP 14a	WR Hs. GL IP 14a WR Hs. GL Moosfelder Höhe 7	0:00	0	0:00	0:00	
IP 15	IP 15 Moosfelder Weg 41a	0:00	0	0:00	0:00	
IP 16	WA Hs. GL IP 16a WA Hs. GL Bahnhofstr. 14	0:53	18	0:04	0:08	

Projekt:

**Möhnesee-Brüningsen**

Lizenziertes Anwender:

**reko GmbH & Co. KG**

Sander Bruch Str. 10

DE-33106 Paderborn

+49 (0) 5254/9528129

Berechnet:

19.09.2022 11:09/3.4.424

## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** Schattenwurf Vorbelastung

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal [h/a]	Erwartet [h/a]
En004	En004 E-48/300kW	0:00	0:00
En005	En005 E-70E4/64mNH	18:16	3:32
En012	En012 Tacke TW80/40m NH	0:00	0:00
En020	En020 Windworld 500	0:00	0:00
En021	En021 Tacke 600/200 kW	0:00	0:00
En023	En023 E-40/5.40/65m	0:00	0:00
En024	En024 E40/5.40/65m	0:00	0:00
En026	En026 E-48/75,6m NH	0:00	0:00
En029	En029 Tacke 600/200 kW	0:00	0:00
En030	En030 Tacke 600/200 kW	0:00	0:00
En032	En032 Windworld 500	0:00	0:00
En033	En033 E-40/5.40/65m NH	0:00	0:00
En034	En034 E-40/5.40/65m NH	0:00	0:00
En047	En047 E-82E2/108,4mNH	0:00	0:00
En048	En048 E-82E2/108,4mNH	0:00	0:00
En049	En049 E-82E2/108,4mNH	0:00	0:00
En055	En055 E-82/108,4mNH	0:00	0:00
En056	En056 N-149/5.X/125mNH	0:00	0:00
En057	En057 E-138 EP3 E2/80,3m NH	0:53	0:08
Mo001	Mo001 N27/150kW/41,65m NH	0:00	0:00
Mo002	Mo002 N27/150kW/41,65m NH	0:00	0:00
Mo004	Mo004 AN 450/37	0:00	0:00
Mo005	Mo005 M570-200/36mNH	0:02	0:00
Mo006	Mo006 M570-200/36mNH	0:07	0:01
Mo007	Mo007 M-1500/600 46mNH	0:04	0:00
Mo008	Mo008 M1500/600 46mNH	0:08	0:01
Mo009	Mo009 M1500/600 46mNH	2:13	0:30
Mo010	Mo010 M-1500/600 46mNH	0:00	0:00
Mo015	Mo015 GE1.5s/46,5mNH	0:00	0:00
Mo020	Mo020 E-48/300kW	0:00	0:00
Mo021	Mo021 E-48/300kW	0:00	0:00
Mo022	Mo022 E-70E4/1.000kW	0:00	0:00
Mo023	Mo023 E-70E4/1.000kW	0:00	0:00
Mo024	Mo024 E-70E4/1.000kW	0:00	0:00
Mo025	Mo025 E70 E4/64mNH	0:00	0:00
Mo026	Mo026 E70 E4/64mNH	0:00	0:00
Mo029	Mo029 E-66/18.70/65mNH	0:00	0:00
Mo030	Mo030 E-70 E4/64mNH	0:00	0:00
Mo035	Mo035 E 160 EP5 E3 166,6mNH	0:00	0:00
Mo036	Mo036 E 160 EP5 E3 166,6mNH	0:00	0:00
Mo037	Mo037 E-160 EP5 E3 166,6mNH	0:00	0:00
Mo038	Mo038 E-160 EP5 E3 166,6mNH	0:00	0:00
Mo039	Mo039 E-160 EP5 E3 166,6mNH	0:00	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.



## Zusatzbelastung

Projekt:

**Möhnesee-Brüningsen**

Lizenzierter Anwender:

**reko GmbH & Co. KG**  
Sander Bruch Str. 10  
DE-33106 Paderborn  
+49 (0) 5254/9528129

Berechnet:

18.10.2022 10:05/3.4.424

## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** Schattenwurf Zusatzbelastung

### Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

Beschattungsbereich der WEA

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

Siehe WEA-Tabelle

Minimale relevante Sonnenhöhe über Horizont

3 °

Tage zwischen Berechnungen

1 Tag(e)

Berechnungszeitsprung

1 Minuten

Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [BAD LIPPSPRINGE]

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1,58	3,21	3,35	5,03	6,68	5,58	6,26	5,85	4,04	3,08	2,01	1,34

Betriebsdauer je Sektor

N	NNO	ONO	O	OSO	SSO	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Summe
261	393	465	559	645	475	572	869	1.140	1.059	606	326	7.370

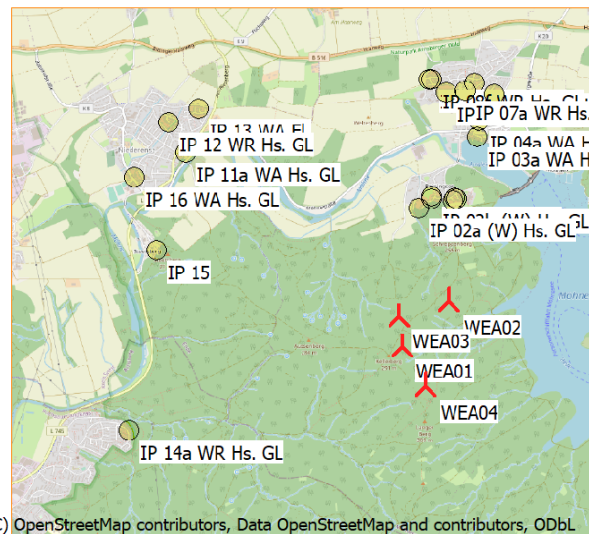
Eine WEA wird nicht berücksichtigt, wenn sie von keinem Teil der Rezeptorfläche aus sichtbar ist. Die Sichtbarkeitsberechnung basiert auf den folgenden Annahmen:

Verwendete Höhenlinien: 21\_10\_26 Höhen NEU NRW 5m

Hindernisse in Berechnung verwendet

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

Rasterauflösung: 1,0 m



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

Alle Koordinatenangaben in:

UTM (north)-ETRS89 Zone: 32

### 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]
WEA01	433.292	5.702.935	290,0	WEA01 N149/5.X 164mNH	Ja	NORDEX	N149/5.X-5.700	5.700	149,0	164,0	1.805	10,7
WEA02	433.823	5.703.432	274,8	WEA02 N163/6.X 164mNH	Ja	NORDEX	N163/6.X-6.800	6.800	163,0	164,0	1.784	10,7
WEA03	433.270	5.703.276	285,0	WEA03 N149/5.X 164mNH	Ja	NORDEX	N149/5.X-5.700	5.700	149,0	164,0	1.805	10,7
WEA04	433.554	5.702.498	271,7	WEA04 N163/6.X 164mNH	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	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
IP 01a WR Hs. GL	IP 01a WR Hs. GL Bergstr. 25	433.891	5.704.548	234,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 01b WR Hs. GL	IP 01b WR Hs. GL Bergstr. 15	433.923	5.704.572	233,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 01c WR Hs. GL	IP 01c WR Hs. GL Bergstr. 17	433.905	5.704.584	231,8	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 02a (W) Hs. GL	IP 02a (W) Hs. GL Wollmeine 20/22	433.512	5.704.476	211,3	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 02b (W) Hs. GL	IP 02b (W) Hs. GL Wollmeine 8	433.655	5.704.580	212,6	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 02c (W) Hs. GL	IP 02c (W) Hs. GL Wollmeine 6	433.651	5.704.604	210,3	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 03a WA Hs. GL	IP 03a WA Hs. GL Zum Weiher	434.142	5.705.851	221,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 04a WA Hs. GL	IP 04a WA Hs. GL Am Bruch 5a/b	434.187	5.705.435	195,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 05a WR Hs. GL	IP 05a WR Hs. GL Am blauen Rock 8	434.364	5.705.735	216,6	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 06a WR Hs. GL	IP 06a WR Hs. GL Zum Haarstrang 4	434.142	5.705.851	221,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 07a WR Hs. GL	IP 07a WR Hs. GL Franziskusweg 5	434.034	5.705.774	216,3	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 08a WR Hs. GL	IP 08a WR Hs. GL Hangstraße 11	433.821	5.705.754	213,9	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 08e WR Hs. GL	IP 08e WR Hs. GL Rosenweg 33	433.634	5.705.897	230,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 08f WR Hs. GL	IP 08f WR Hs. GL Rosenweg 18	433.673	5.705.893	228,6	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 11a WA Hs. GL	IP 11a WA Hs. GL Klosterberg 6	430.914	5.705.125	191,2	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 12 WR Hs. GL	IP 12a WR Hs. GL Am Brautmorgen 28	430.730	5.705.458	197,3	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 13 WA Fl. B-Pl.	IP 13 WA Fl. B-Pl.Nr. 81 Niederense	431.067	5.705.606	215,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 14a WR Hs. GL	IP 14a WR Hs. GL Moosfelder Höhe 7	430.243	5.702.046	190,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 15 IP 15 Moosfelder Weg	IP 15 IP 15 Moosfelder Weg 41a	430.583	5.704.051	191,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 16 WA Hs. GL	IP 16a WA Hs. GL Bahnhofstr. 14	430.345	5.704.863	171,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0

Projekt:

**Möhnesee-Brüningsen**

Lizenziertes Anwender:

**reko GmbH & Co. KG**

Sander Bruch Str. 10

DE-33106 Paderborn

+49 (0) 5254/9528129

Berechnet:

18.10.2022 10:05/3.4.424

## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** Schattenwurf Zusatzbelastung

### Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

Nr.		Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattung
			Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr	Max.Schattendauer/Tag	Stunden/Jahr
			[h/a]	[d/a]	[h/d]	[h/a]
		IP 01a WR Hs. GL IP 01a WR Hs. GL Bergstr. 25	2:08	16	0:11	0:12
		IP 01b WR Hs. GL IP 01b WR Hs. GL Bergstr. 15	1:46	14	0:09	0:10
		IP 01c WR Hs. GL IP 01c WR Hs. GL Bergstr. 17	0:04	2	0:02	0:00
		IP 02a (W) Hs. GL IP 02a (W) Hs. GL Wollmeine 20/22	23:25	50	0:34	1:55
		IP 02b (W) Hs. GL IP 02b (W) Hs. GL Wollmeine 8	2:03	14	0:11	0:10
		IP 02c (W) Hs. GL IP 02c (W) Hs. GL Wollmeine 6	0:00	0	0:00	0:00
		IP 03a WA Hs. GL IP 03a WA Hs. GL Zum Weiher	0:00	0	0:00	0:00
		IP 04a WA Hs. GL IP 04a WA Hs. GL Am Bruch 5a/b	0:00	0	0:00	0:00
		IP 05a WR Hs. GL IP 05a WR Hs. GL Am blauen Rock 8	0:00	0	0:00	0:00
		IP 06a WR Hs. GL IP 06a WR Hs. GL Zum Haarstrang 4	0:00	0	0:00	0:00
		IP 07a WR Hs. GL IP 07a WR Hs. GL Franziskusweg 5	0:00	0	0:00	0:00
		IP 08a WR Hs. GL IP 08a WR Hs. GL Hangstraße 11	0:00	0	0:00	0:00
		IP 08e WR Hs. GL IP 08e WR Hs. GL Rosenweg 33	0:00	0	0:00	0:00
		IP 08f WR Hs. GL IP 08f WR Hs. GL Rosenweg 18	0:00	0	0:00	0:00
		IP 11a WA Hs. GL IP 11a WA Hs. GL Klosterberg 6	0:00	0	0:00	0:00
		IP 12 WR Hs. GL IP 12a WR Hs. GL Am Brautmorgen 28	0:00	0	0:00	0:00
		IP 13 WA Fl. IP 13 WA Fl. B-Pl.Nr. 81 Niederense	0:00	0	0:00	0:00
		IP 14a WR Hs. GL IP 14a WR Hs. GL Moosfelder Höhe 7	0:00	0	0:00	0:00
		IP 15 IP 15 Moosfelder Weg 41a	0:00	0	0:00	0:00
		IP 16 WA Hs. GL IP 16a WA Hs. GL Bahnhofstr. 14	0:00	0	0:00	0:00

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal	Erwartet
		[h/a]	[h/a]
WEA01	WEA01 N149/5.X 164mNH	0:00	0:00
WEA02	WEA02 N163/6.X 164mNH	25:28	2:05
WEA03	WEA03 N149/5.X 164mNH	2:44	0:15
WEA04	WEA04 N163/6.X 164mNH	0:00	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.

Die Untersuchung der Zusatzbelastung zeigt, dass die neuen, hier beurteilten Anlagen am Rezeptor IP 02a „Wollmeine 20/22“ periodischen Schattenwurf oberhalb der Richtwerte verursachen.

Dementsprechend kann festgehalten werden, dass die neuen schattenverursachenden Anlagen mit einem Schattenwurfabschaltmodul ausgestattet werden müssen, um das Einhalten der Richtwerte zu gewährleisten.“

Diese Richtwerte sind „worst-case“ mit maximal 30 h / Jahr und maximal 30 min / Tag definiert worden.



## Gesamtbelastung

Projekt:

**Möhnesee-Brüningsen**

Lizenzierter Anwender:

**reko GmbH & Co. KG**

Sander Bruch Str. 10

DE-33106 Paderborn

+49 (0) 5254/9528129

Berechnet:

18.10.2022 10:09/3.4.424

### SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** Schattenwurf Gesamtbelastung

#### Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

Beschattungsbereich der WEA

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

Siehe WEA-Tabelle

Minimale relevante Sonnenhöhe über Horizont

3 °

Tage zwischen Berechnungen

1 Tag(e)

Berechnungszeitsprung

1 Minuten

Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [BAD LIPPSPRINGE]

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
S	1,58	3,21	3,35	5,03	6,68	5,58	6,26	5,85	4,04	3,08	2,01	1,34

Betriebsdauer je Sektor

	N	NNO	ONO	O	OSO	SSO	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Summe
B	261	393	465	559	645	475	572	869	1.140	1.059	606	326	7.370

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

Verwendete Höhenlinien: 21\_10\_26 Höhen NEU NRW 5m

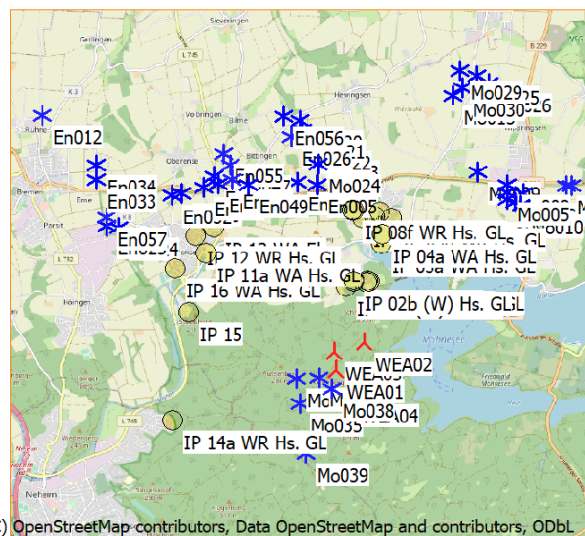
Hindernisse in Berechnung verwendet

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

Rasterauflösung: 1,0 m

Alle Koordinatenangaben in:

UTM (north)-ETRS89 Zone: 32



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

Maßstab 1:125.000

▲ Neue WEA

★ Existierende WEA

● Schattenrezeptor

#### WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	Aktuell	Hersteller	Typ	Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schattendaten	
											Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]
En004	432.616	5.706.431	242,1	En004 E-48/...	Ja	ENERCON	E-48-800	800	48,0	75,6	1.047	30,0
En005	432.980	5.706.370	252,9	En005 E-70E...	Nein	ENERCON	E-70 E4-2.000	2.000	71,0	64,0	1.644	20,0
En012	427.899	5.707.736	213,3	En012 Tacke...	Nein	TACKE	TW 80-80	80	21,0	40,0	2.500	0,0
En020	431.155	5.706.418	240,0	En020 Wind...	Nein	WINDWORLD	W-4100/500-500	500	41,0	50,0	2.500	0,0
En021	430.889	5.706.343	240,0	En021 Tacke...	Nein	TACKE	TW 600-600/200	600	43,0	50,0	2.500	27,0
En023	429.065	5.705.658	220,0	En023 E-40/...	Nein	ENERCON	E-40/5.40-500	500	40,3	65,0	897	38,0
En024	429.287	5.705.632	223,3	En024 E40/5...	Nein	ENERCON	E-40/5.40-500	500	40,3	65,0	897	38,0
En026	432.515	5.707.267	209,8	En026 E-48/...	Ja	ENERCON	E-48-800	800	48,0	75,6	1.047	30,0
En029	430.464	5.706.249	235,0	En029 Tacke...	Nein	TACKE	TW 600-600/200	600	43,0	50,0	2.500	27,0
En030	431.074	5.706.562	235,4	En030 Tacke...	Nein	TACKE	TW 600-600/200	600	43,0	50,0	2.500	27,0
En032	430.289	5.706.225	230,0	En032 Wind...	Nein	WINDWORLD	W-4100/500-500	500	41,0	50,0	2.500	0,0
En033	428.895	5.706.523	201,2	En033 E-40/...	Nein	ENERCON	E-40/5.40-500	500	40,3	65,0	897	38,0
En034	428.901	5.706.790	205,6	En034 E-40/...	Nein	ENERCON	E-40/5.40-500	500	40,3	65,0	897	38,0
En047	431.377	5.706.772	229,5	En047 E-82E...	Ja	ENERCON	E-82E2-2.300	2.300	82,0	108,4	1.601	18,0
En048	431.416	5.706.486	237,4	En048 E-82E...	Ja	ENERCON	E-82E2-2.300	2.300	82,0	108,4	1.601	18,0
En049	431.705	5.706.386	243,1	En049 E-82E...	Ja	ENERCON	E-82E2-2.300	2.300	82,0	108,4	1.601	18,0
En055	431.255	5.706.971	223,6	En055 E-82/...	Ja	ENERCON	E-82E2-2.300	2.300	82,0	108,4	1.601	18,0
En056	432.384	5.707.644	186,5	En056 N-149...	Ja	NORDEX	N149/5.X-5.700	5.700	149,0	125,0	1.808	10,7
En057	429.081	5.705.823	211,8	En057 E-138...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,3	80,3	1.684	13,0
Mo001	437.605	5.706.294	276,6	Mo001 N27/...	Nein	NORDEX	N27/150-150/30	150	27,0	41,7	2.500	36,0
Mo002	437.702	5.706.296	275,0	Mo002 N27/...	Nein	NORDEX	N27/150-150/30	150	27,0	41,7	2.500	36,0
Mo004	436.809	5.706.168	285,0	Mo004 AN 4...	Nein	ANBONUS	AN 450-500	500	37,0	35,0	2.500	30,0
Mo005	436.501	5.706.177	280,1	Mo005 M570...	Nein	MICON	M570-200/40	200	29,6	36,0	2.500	37,5
Mo006	436.502	5.706.060	280,7	Mo006 M570...	Nein	MICON	M570-200/40	200	29,6	36,0	2.500	37,5
Mo007	436.649	5.706.010	285,0	Mo007 M-15...	Nein	MICON	M1500-600/150	600	43,0	46,0	2.500	27,0
Mo008	436.502	5.706.329	275,9	Mo008 M150...	Nein	MICON	M1500-600/150	600	43,0	46,0	2.500	27,0
Mo009	435.963	5.706.579	270,0	Mo009 M150...	Nein	MICON	M1500-600/150	600	43,0	46,0	2.500	27,0
Mo010	436.751	5.705.939	281,1	Mo010 M-15...	Nein	MICON	M1500-600/150	600	43,0	46,0	2.500	27,0
Mo015	435.515	5.707.987	215,0	Mo015 GE1.5...	Ja	GE WIND ENERGY	GE 1.5s-1.500	1.500	70,5	64,7	2.500	20,0
Mo020	432.681	5.707.570	190,0	Mo020 E-48/...	Ja	ENERCON	E-48-800	800	48,0	75,6	1.047	30,0
Mo021	432.725	5.707.391	197,1	Mo021 E-48/...	Ja	ENERCON	E-48-800	800	48,0	75,6	1.047	30,0
Mo022	432.839	5.707.184	215,5	Mo022 E-70E...	Nein	ENERCON	E-70 E4-2.000	2.000	71,0	64,0	1.644	20,0
Mo023	432.965	5.707.009	222,0	Mo023 E-70E...	Nein	ENERCON	E-70 E4-2.000	2.000	71,0	64,0	1.644	20,0
Mo024	433.005	5.706.763	229,9	Mo024 E-70E...	Nein	ENERCON	E-70 E4-2.000	2.000	71,0	64,0	1.644	20,0
Mo025	435.967	5.708.361	198,5	Mo025 E70 E...	Ja	ENERCON	E-70 E4 2,3 MW-2.300	2.300	71,0	64,0	1.644	20,0

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:

**Möhnesee-Brüningsen**

Lizenzierter Anwender:

**reko GmbH & Co. KG**

Sander Bruch Str. 10

DE-33106 Paderborn

+49 (0) 5254/9528129

Berechnet:

18.10.2022 10:09/3.4.424

## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** Schattenwurf Gesamtbelastung

... (Fortsetzung von vorheriger Seite)

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	Ak- tu- ell	WEA-Typ Hersteller	Typ	Nenn- leistung	Rotor- durch- messer	Naben- höhe	Schattendaten	
											Beschatt.- Bereich	U/min
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]
Mo026	436.192	5.708.216	213,3	Mo026 E70 E...	Nein	ENERCON	E-70 E4-2.000	2.000	71,0	64,0	1.644	20,0
Mo029	435.656	5.708.460	190,3	Mo029 E-66/...	Nein	ENERCON	E-66/18.70-1.800	1.800	70,0	65,0	1.487	22,0
Mo030	435.696	5.708.141	207,7	Mo030 E-70 ...	Nein	ENERCON	E-70 E4-2.000	2.000	71,0	64,0	1.644	20,0
Mo035	432.610	5.702.329	275,2	Mo035 E 160...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	1.781	9,6
Mo036	432.556	5.702.800	270,9	Mo036 E 160...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	1.781	9,6
Mo037	432.969	5.702.803	286,0	Mo037 E-160...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	1.781	9,6
Mo038	433.211	5.702.593	283,7	Mo038 E-160...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	1.781	9,6
Mo039	432.712	5.701.399	257,5	Mo039 E-160...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3-5.560	5.560	160,0	166,6	1.781	9,6
WEA01	433.292	5.702.935	290,0	WEA01 N149...	Ja	NORDEX	N149/5.X-5.700	5.700	149,0	164,0	1.805	10,7
WEA02	433.823	5.703.432	274,8	WEA02 N163...	Ja	NORDEX	N163/6.X-6.800	6.800	163,0	164,0	1.784	10,7
WEA03	433.270	5.703.276	285,0	WEA03 N149...	Ja	NORDEX	N149/5.X-5.700	5.700	149,0	164,0	1.805	10,7
WEA04	433.554	5.702.498	271,7	WEA04 N163...	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	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
IP 01a WR Hs. GL	IP 01a WR Hs. GL Bergstr. 25	433.891	5.704.548	234,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 01b WR Hs. GL	IP 01b WR Hs. GL Bergstr. 15	433.923	5.704.572	233,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 01c WR Hs. GL	IP 01c WR Hs. GL Bergstr. 17	433.905	5.704.584	231,8	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 02a (W) Hs. GL	IP 02a (W) Hs. GL Wollmeine 20/22	433.512	5.704.476	211,3	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 02b (W) Hs. GL	IP 02b (W) Hs. GL Wollmeine 8	433.655	5.704.580	212,6	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 02c (W) Hs. GL	IP 02c (W) Hs. GL Wollmeine 6	433.651	5.704.604	210,3	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 03a WA Hs. GL	IP 03a WA Hs. GL Zum Weiher	434.161	5.705.253	185,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 04a WA Hs. GL	IP 04a WA Hs. GL Am Bruch 5a/b	434.187	5.705.435	195,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 05a WR Hs. GL	IP 05a WR Hs. GL Am blauen Rock 8	434.364	5.705.735	216,6	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 06a WR Hs. GL	IP 06a WR Hs. GL Zum Haarstrang 4	434.142	5.705.851	221,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 07a WR Hs. GL	IP 07a WR Hs. GL Franziskusweg 5	434.034	5.705.774	216,3	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 08a WR Hs. GL	IP 08a WR Hs. GL Hangstraße 11	433.821	5.705.754	213,9	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 08e WR Hs. GL	IP 08e WR Hs. GL Rosenweg 33	433.634	5.705.897	230,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 08f WR Hs. GL	IP 08f WR Hs. GL Rosenweg 18	433.673	5.705.893	228,6	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 11a WA Hs. GL	IP 11a WA Hs. GL Klosterberg 6	430.914	5.705.125	191,2	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 12 WR Hs. GL	IP 12a WR Hs. GL Am Brautmorgen 28	430.730	5.705.458	197,3	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 13 WA Fl. B-Pl.	IP 13 WA Fl. B-Pl.Nr. 81 Niederense	431.067	5.705.606	215,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 14a WR Hs. GL	IP 14a WR Hs. GL Moosfelder Höhe 7	430.243	5.702.046	190,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 15 IP 15	IP 15 Moosfelder Weg 41a	430.583	5.704.051	191,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 16 WA Hs. GL	IP 16a WA Hs. GL Bahnhofstr. 14	430.345	5.704.863	171,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0

## Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

		astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattung	
Nr.	Name	Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr	Max.Schattendauer/Tag	Stunden/Jahr	
		[h/a]	[d/a]	[h/d]	[h/a]	
IP 01a	WR Hs. GL IP 01a WR Hs. GL Bergstr. 25	2:08	16	0:11	0:12	
IP 01b	WR Hs. GL IP 01b WR Hs. GL Bergstr. 15	1:46	14	0:09	0:10	
IP 01c	WR Hs. GL IP 01c WR Hs. GL Bergstr. 17	0:04	2	0:02	0:00	
IP 02a	(W) Hs. GL IP 02a (W) Hs. GL Wollmeine 20/22	23:25	50	0:34	1:55	
IP 02b	(W) Hs. GL IP 02b (W) Hs. GL Wollmeine 8	2:03	14	0:11	0:10	
IP 02c	(W) Hs. GL IP 02c (W) Hs. GL Wollmeine 6	0:00	0	0:00	0:00	
IP 03a	WA Hs. GL IP 03a WA Hs. GL Zum Weiher	0:05	3	0:02	0:01	
IP 04a	WA Hs. GL IP 04a WA Hs. GL Am Bruch 5a/b	1:35	34	0:05	0:20	
IP 05a	WR Hs. GL IP 05a WR Hs. GL Am blauen Rock 8	3:04	35	0:11	0:40	
IP 06a	WR Hs. GL IP 06a WR Hs. GL Zum Haarstrang 4	4:04	26	0:14	0:52	
IP 07a	WR Hs. GL IP 07a WR Hs. GL Franziskusweg 5	7:57	47	0:14	1:36	
IP 08a	WR Hs. GL IP 08a WR Hs. GL Hangstraße 11	0:00	0	0:00	0:00	
IP 08e	WR Hs. GL IP 08e WR Hs. GL Rosenweg 33	0:00	0	0:00	0:00	
IP 08f	WR Hs. GL IP 08f WR Hs. GL Rosenweg 18	6:11	30	0:16	1:03	
IP 11a	WA Hs. GL IP 11a WA Hs. GL Klosterberg 6	0:00	0	0:00	0:00	
IP 12	WR Hs. GL IP 12a WR Hs. GL Am Brautmorgen 28	0:00	0	0:00	0:00	
IP 13	WA Fl. B-Pl. Nr. 81 Niederense	0:00	0	0:00	0:00	

(Fortsetzung von vorheriger Seite)

Projekt:

**Möhnesee-Brüningsen**

Lizenzierter Anwender:

**reko GmbH & Co. KG**  
Sander Bruch Str. 10  
DE-33106 Paderborn  
+49 (0) 5254/9528129

Berechnet:

18.10.2022 10:09/3.4.424

## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** Schattenwurf Gesamtbelastung

... (Fortsetzung von vorheriger Seite)

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattung
		Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr	Max.Schattendauer/Tag	
		[h/a]	[d/a]	[h/d]	[h/a]
IP 14a WR Hs. GL IP 14a WR Hs. GL Moosfelder Höhe 7		0:00	0	0:00	0:00
IP 15 IP 15 Moosfelder Weg 41a		0:00	0	0:00	0:00
IP 16 WA Hs. GL IP 16a WA Hs. GL Bahnhofstr. 14		0:53	18	0:04	0:08

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal	Erwartet
		[h/a]	[h/a]
En004	En004 E-48/300kW	0:00	0:00
En005	En005 E-70E4/64mNH	18:16	3:32
En012	En012 Tacke TW80/40m NH	0:00	0:00
En020	En020 Windworld 500	0:00	0:00
En021	En021 Tacke 600/200 kW	0:00	0:00
En023	En023 E-40/5.40/65m	0:00	0:00
En024	En024 E40/5.40/65m	0:00	0:00
En026	En026 E-48/75,6m NH	0:00	0:00
En029	En029 Tacke 600/200 kW	0:00	0:00
En030	En030 Tacke 600/200 kW	0:00	0:00
En032	En032 Windworld 500	0:00	0:00
En033	En033 E-40/5.40/65m NH	0:00	0:00
En034	En034 E-40/5.40/65m NH	0:00	0:00
En047	En047 E-82E2/108,4mNH	0:00	0:00
En048	En048 E-82E2/108,4mNH	0:00	0:00
En049	En049 E-82E2/108,4mNH	0:00	0:00
En055	En055 E-82/108,4mNH	0:00	0:00
En056	En056 N-149/5.X/125mNH	0:00	0:00
En057	En057 E-138 EP3 E2/80,3m NH	0:53	0:08
Mo001	Mo001 N27/150kW/41,65m NH	0:00	0:00
Mo002	Mo002 N27/150kW/41,65m NH	0:00	0:00
Mo004	Mo004 AN 450/37	0:00	0:00
Mo005	Mo005 M570-200/36mNH	0:02	0:00
Mo006	Mo006 M570-200/36mNH	0:07	0:01
Mo007	Mo007 M-1500/600 46mNH	0:04	0:00
Mo008	Mo008 M1500/600 46mNH	0:08	0:01
Mo009	Mo009 M1500/600 46mNH	2:13	0:30
Mo010	Mo010 M-1500/600 46mNH	0:00	0:00
Mo015	Mo015 GE1.5s/46,5mNH	0:00	0:00
Mo020	Mo020 E-48/300kW	0:00	0:00
Mo021	Mo021 E-48/300kW	0:00	0:00
Mo022	Mo022 E-70E4/1.000kW	0:00	0:00
Mo023	Mo023 E-70E4/1.000kW	0:00	0:00
Mo024	Mo024 E-70E4/1.000kW	0:00	0:00
Mo025	Mo025 E70 E4/64mNH	0:00	0:00
Mo026	Mo026 E70 E4/64mNH	0:00	0:00
Mo029	Mo029 E-66/18.70/65mNH	0:00	0:00
Mo030	Mo030 E-70 E4/64mNH	0:00	0:00
Mo035	Mo035 E 160 EP5 E3 166,6mNH	0:00	0:00
Mo036	Mo036 E 160 EP5 E3 166,6mNH	0:00	0:00
Mo037	Mo037 E-160 EP5 E3 166,6mNH	0:00	0:00
Mo038	Mo038 E-160 EP5 E3 166,6mNH	0:00	0:00
Mo039	Mo039 E-160 EP5 E3 166,6mNH	0:00	0:00
WEA01	WEA01 N149/5.X 164mNH	0:00	0:00
WEA02	WEA02 N163/6.X 164mNH	25:28	2:05
WEA03	WEA03 N149/5.X 164mNH	2:44	0:15
WEA04	WEA04 N163/6.X 164mNH	0:00	0:00

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



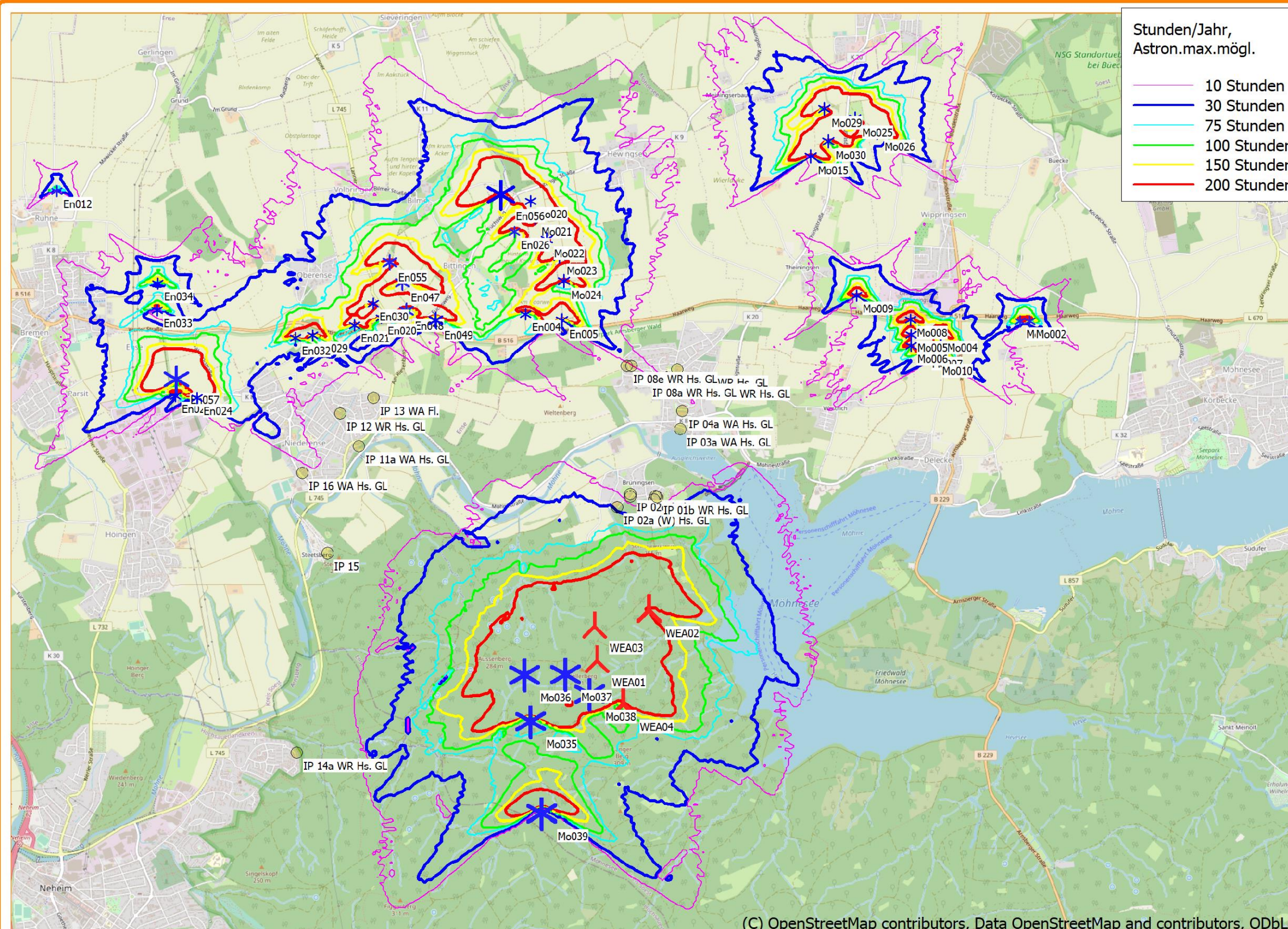
Karte ISO Schattenwurflinien Gesamtbelastung (nicht maßstabsgetreu)

Projekt:  
**Möhnesee-Brüningsen**

**SHADOW -**  
**Karte**  
**Berechnung:**  
Schattenwurf Gesamtbelastung

Lizenzierter Anwender:  
**reko GmbH & Co. KG**  
Sander Bruch Str. 10  
DE-33106 Paderborn  
+49 (0) 5254/9528129

Berechnet:  
18.10.2022 10:18/3.4.424



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

0 500 1000 1500 2000 m

Karte: EMD OpenStreetMap, Maßstab 1:40.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 434.016 Nord: 5.705.047

Neue WEA

Existierende WEA

Schattenrezeptor

Höhe der Schattenkarte: 21\_10\_26 Höhen NEU NRW 5m



## Abschlussbetrachtung

Die hier angewandte Methode ist die „worst-case“ Berechnung (astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer), das heißt eine Berechnung die davon ausgeht, dass die Sonne immer scheint, die Rotorfläche senkrecht zur Sonneneinstrahlung stehen und die Anlage immer in Betrieb ist.

Die andere Methode, die hier nicht angewandt wurde, ist die Berechnung der realen Schattenwurfzeiten (meteorologisch wahrscheinlich Beschattungsdauer). Für diese Art der Berechnung werden die Sonnenscheinwahrscheinlichkeiten und die Betriebsstunden je Windrichtungssektor benötigt.

Die Werte für die Sonnenscheinwahrscheinlichkeit wurden vom Softwarehersteller herausgegeben. Sie enthalten für ganz Deutschland Statistiken der gemessenen Sonnenscheindauer und können mit der maximal möglichen Sonnenscheindauer die Sonnenscheinwahrscheinlichkeit ermitteln.

Die Betriebsstunden je Windrichtungssektor werden aus den Windhäufigkeitsverteilungen je Sektor ermittelt. Dabei geht man von einer relativen Betriebsstundenzahl der Anlage von 7.370 Std./Jahr aus. Diese Betriebsstunden werden prozentual auf die Windhäufigkeit je Sektor verteilt.

In der Umgebung des Standortes für die geplanten Nordex Windkraftanlagen befinden sich einige Wohngebäude, für die die Häufigkeit möglicher Störeffekte durch rotierende Schlagschatten der Anlagen zu untersuchen ist.

Bei den Wohngebäuden handelt es sich um die im Lageplan eingezeichneten Punkte. Es handelt sich im Einzelnen um die Punkte IP 01a bis IP 16a, die im Kapitel Projekthinhalte mit UTM ETRS Koordinaten der Zone 32 genauer beschrieben sind.

Alle natürlich gegebenen Einflüsse, wie zum Beispiel Abschattung durch Gebäude oder Bewuchs sind in der vorliegenden Berechnung nicht berücksichtigt, haben jedoch in der Tendenz abschwächenden Charakter auf Dauer und Intensität der Schattenbeeinflussung.

In der im Anhang befindlichen kalendarischen Übersicht sind die errechneten Einwirkzeiten rotierender Schatten auf eine von allen Seiten beaufschlagte Terrasse (Gewächshausmodus) dargestellt. Die Größe der Fläche wurde aus Gründen der Vergleichbarkeit mit einem Quadratdezimeter angenommen.

Da für die volle Einwirkungsdauer des rotierenden Schattens mehrere Bedingungen erfüllt sein müssen, und zwar wolkenloser Himmel und Übereinstimmung von  $0^\circ$  - bzw.  $180^\circ$  -Winkel zwischen Hauptwindrichtung und Sonnenstand, werden deutlich geringere tatsächliche Schattenwurfzeiten am Einwirkungspunkt auftreten.

Die hier angewandte Richtlinie wurde 2019 aktualisiert und mit Stand vom 23. Januar 2020 vom Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) zustimmend zur Kenntnis genommen und den Ländern empfohlen, diese Hinweise anzuwenden. Da die Richtlinie das Niveau einer DIN-Vorschrift besitzt, ist sie laut STUA Schleswig (2002) für alle Bundesländer bindend.

Dieses Gremium legte nach einem Feld- und Laborversuch der oben genannten Universität fest, bei welcher „astronomisch maximal möglichen Beschattungsdauer“ eine erhebliche Belästigung vorliegt. Eine Belästigung liegt „unter kumulativer Berücksichtigung aller WEA-Beiträge am jeweiligen Immissionsort in einer Bezugshöhe von 2 m über Erdboden“ nicht vor, wenn die nachfolgenden Punkte eingehalten werden.

- Die Schattenwurfzeiten an einem Einwirkungspunkt dürfen maximal 30 Stunden pro Jahr und 30 Minuten am Tag betragen
- Ein Schattenwurf bei Sonnenständen unter  $3^\circ$  ist nicht zu berücksichtigen
- Der Einwirkungsbereich des Schattens endet hinter einer WKA bei 20% Verdeckungsgrad

Damit diese Richtwerte eingehalten werden können, benötigen die WKA im Falle der Überschreitung sog. Abschaltautomatiken, die mittels Strahlungs- oder Beleuchtungsstärkesensoren die konkrete meteorologische Beschattungssituation erfasst und somit die vor Ort konkret vorhandene Beschattungsdauer begrenzt.

Da die oben genannten Grenzwerte sich nur auf die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer beziehen, die Abschaltautomatik aber die reale Schattendauer benötigt, wurde hierfür die meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer von 8,0 h pro Kalenderjahr festgelegt.

Die Untersuchung der Zusatzbelastung zeigt, dass die neuen, hier beurteilten Anlagen am Rezeptor IP 02a „Wollmeine 20/22“ periodischen Schattenwurf oberhalb der Richtwerte verursachen.

Dementsprechend kann festgehalten werden, dass die neuen schattenverursachenden Anlagen mit einem Schattenwurfabschaltmodul ausgestattet werden müssen, um das Einhalten der Richtwerte zu gewährleisten.“

Die Richtwerte sind „worst-case“ mit maximal 30 h / Jahr und maximal 30 min / Tag definiert worden.



## **Ergänzungen**

Für andere Koordinaten bzw. Anlagenkonfigurationen müssen andere Sonnenstandsdaten verwendet werden, die durch die Lage des Ortes vorgegeben sind. Für diese Änderungen sind neue Berechnungen mit den modifizierten Werten erforderlich.

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den untersuchten Standort, der in dem Kapitel Projekteinhalte genau beschrieben ist und gelten nur für den in Betracht gezogenen Anlagentyp, mit entsprechendem Rotordurchmesser, Blattgeometrien und Turmhöhe.

Da zum jetzigen Zeitpunkt nur die Feld- und Laborpilotstudie aus 1999 / 2000 der Christian-Albrechts-Universität Kiel über die Auswirkungen des zyklischen Schattenwurfs von Windkraftanlagen auf den Menschen vorliegen, gelten die hier getroffenen Aussagen vorerst bis zur Veröffentlichung entsprechender Normen.

Diese Analyse wurde mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt und mehrfach kontrolliert.

## **Inhaltsverzeichnis des Anhangs**

Anhang 1: Deckblatt LAI (WKA-Schattenwurfhinweise) Aktualisierung 2019

Anhang 2: Grafischer Kalender

Anhang 3: Detaillierter Schattenwurfkalender

Anhang 1: Deckblatt LAI (WKA-Schattenwurfhinweise) Aktualisierung 2019

**Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen  
Immissionen von Windkraftanlagen  
Aktualisierung 2019  
(WKA-Schattenwurfhinweise)**



Stand 23.01.2020

Seite 1 von 11



## Anhang 2: Grafischer Kalender

Projekt:

**Möhnesee-Brüningsen**

Lizenzierter Anwender:

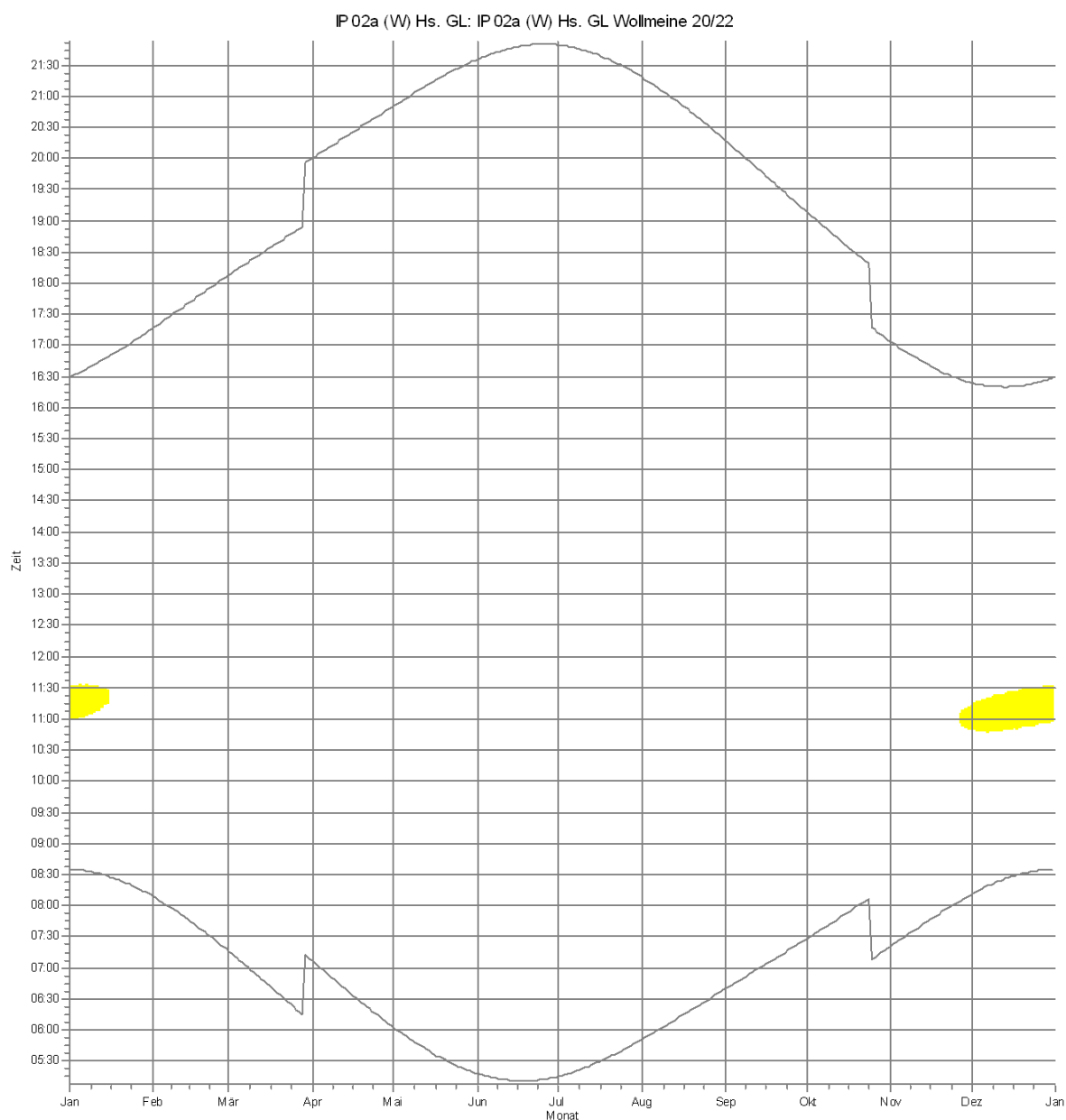
**reko GmbH & Co. KG**  
Sander Bruch Str. 10  
DE-33106 Paderborn  
+49 (0) 5254/9528129

Berechnet:

18.10.2022 10:18/3.4.424

### SHADOW - Grafischer Kalender

**Berechnung:** Schattenwurf Gesamtbelastung



WEA  
WEA

WEA02: WEA02 N163/6.X 164m/H

## Anhang 3: Detaillierter Schattenwurfkalender

Projekt: <b>Möhnesee-Brüningsen</b>	Lizenzierter Anwender: <b>reko GmbH &amp; Co. KG</b> Sander Bruch Str. 10 DE-33106 Paderborn +49 (0) 5254/9528129
	Berechnet: 18.10.2022 10:18/3.4.424

### SHADOW - Kalender

**Berechnung:** Schattenwurf Gesamtbelastung **Schattenrezeptor:** IP 02a (W) Hs. GL - IP 02a (W) Hs. GL Wollmeine 20/22

#### Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
1   08:34	10:59 (WEA02)	08:08	07:16	07:06	06:02	05:18	05:15	05:51	06:39	07:27	07:20	08:10
2   16:29	11:31 (WEA02)	17:16	18:07	20:00	20:50	21:35	21:49	21:18	20:17	19:08	17:03	16:23
3   08:34	11:00 (WEA02)	08:06	07:13	07:04	06:00	05:17	05:16	05:52	06:41	07:29	07:22	08:12
4   16:30	11:31 (WEA02)	17:18	18:09	20:02	20:52	21:36	21:49	21:16	20:14	19:06	17:01	16:23
5   08:34	11:00 (WEA02)	08:05	07:11	07:01	05:58	05:16	05:16	05:54	06:43	07:31	07:24	08:13
6   16:31	11:31 (WEA02)	17:20	18:11	20:04	20:53	21:37	21:48	21:14	20:12	19:04	16:59	16:22
7   08:34	11:01 (WEA02)	08:03	07:09	06:59	05:56	05:15	05:17	05:55	06:44	07:32	07:26	08:15
8   16:33	11:31 (WEA02)	17:22	18:12	20:05	20:55	21:38	21:48	21:13	20:10	19:01	16:58	16:22
9   08:33	11:02 (WEA02)	08:02	07:07	06:57	05:55	05:15	05:18	05:57	06:46	07:34	07:27	08:16
10   16:34	11:32 (WEA02)	17:24	18:14	20:07	20:57	21:39	21:47	21:11	20:08	18:59	16:56	16:21
11   08:33	11:03 (WEA02)	08:00	07:05	06:55	05:53	05:14	05:19	05:58	06:47	07:36	07:29	08:17
12   16:35	11:31 (WEA02)	17:26	18:16	20:09	20:58	21:40	21:47	21:09	20:06	18:57	16:54	16:21
13   08:33	11:04 (WEA02)	07:58	07:02	06:52	05:51	05:13	05:19	06:00	06:49	07:37	07:31	08:18
14   16:36	11:32 (WEA02)	17:27	18:18	20:10	21:00	21:41	21:46	21:08	20:03	18:55	16:53	16:20
15   08:32	11:05 (WEA02)	07:57	07:00	06:50	05:49	05:13	05:20	06:01	06:51	07:39	07:33	08:20
16   16:38	11:31 (WEA02)	17:29	18:19	20:12	21:01	21:42	21:46	21:06	20:01	18:52	16:51	16:20
17   08:32	11:05 (WEA02)	07:55	06:58	06:48	05:48	05:12	05:21	06:03	06:52	07:41	07:34	08:21
18   16:39	11:31 (WEA02)	17:31	18:21	20:14	21:03	21:43	21:45	21:04	19:59	18:50	16:49	16:20
19   08:31	11:07 (WEA02)	07:53	06:56	06:46	05:46	05:12	05:22	06:04	06:54	07:42	07:36	08:22
20   16:40	11:31 (WEA02)	17:33	18:23	20:15	21:05	21:44	21:44	21:02	19:56	18:48	16:48	16:20
21   08:31	11:08 (WEA02)	07:51	06:54	06:43	05:44	05:12	05:22	06:06	06:55	07:44	07:38	08:23
22   16:42	11:30 (WEA02)	17:35	18:25	20:17	21:06	21:44	21:44	21:00	19:54	18:46	16:46	16:19
23   08:30	11:09 (WEA02)	07:50	06:51	06:41	05:43	05:11	05:24	06:08	06:57	07:46	07:40	08:24
24   16:43	11:29 (WEA02)	17:37	18:26	20:19	21:08	21:45	21:43	20:58	19:52	18:44	16:45	16:19
25   08:30	11:11 (WEA02)	07:48	06:49	06:39	05:41	05:11	05:25	06:09	06:59	07:47	07:41	08:25
26   16:45	11:28 (WEA02)	17:38	18:28	20:20	21:09	21:46	21:42	20:56	19:50	18:41	16:43	16:19
27   08:29	11:14 (WEA02)	07:46	06:47	06:37	05:40	05:11	05:27	06:11	07:00	07:49	07:43	08:26
28   16:46	11:28 (WEA02)	17:40	18:30	20:22	21:11	21:46	21:41	20:54	19:47	18:39	16:42	16:19
29   08:28	11:16 (WEA02)	07:44	06:45	06:35	05:38	05:11	05:28	06:12	07:02	07:51	07:45	08:27
30   16:48	11:26 (WEA02)	17:42	18:32	20:24	21:12	21:47	21:40	20:53	19:45	18:37	16:40	16:19
31   08:27	11:17 (WEA02)	07:42	06:42	06:33	05:36	05:11	05:29	06:14	07:03	07:52	07:47	08:28
32   16:49	11:44	18:33	20:25	21:14	21:47	21:39	20:51	19:43	18:35	16:39	16:20	16:20
33   08:26	11:14	18:30	20:22	21:11	21:46	21:38	20:49	19:40	18:33	16:38	16:20	16:20
34   16:51	11:46	18:35	20:27	21:15	21:48	21:38	20:49	19:40	18:33	16:38	16:20	16:20
35   08:25	11:11	18:28	20:20	21:09	21:44	21:36	20:45	19:36	18:29	16:35	16:20	16:20
36   16:52	11:47	18:37	20:29	21:17	21:48	21:37	20:47	19:38	18:31	16:36	16:20	16:20
37   08:24	11:09	18:26	20:18	21:07	21:42	21:34	20:43	19:34	18:27	16:33	16:20	16:20
38   16:54	11:49	18:38	20:30	21:18	21:49	21:36	20:45	19:36	18:29	16:35	16:20	16:20
39   08:23	11:07	18:25	20:17	21:06	21:41	21:33	20:42	19:33	18:26	16:32	16:20	16:20
40   16:56	11:51	18:40	20:32	21:20	21:49	21:35	20:42	19:33	18:27	16:34	16:21	16:21
41   08:22	11:05	18:22	20:14	21:03	21:38	21:30	20:39	19:30	18:23	16:31	16:20	16:20
42   16:57	11:53	18:42	20:34	21:22	21:49	21:33	20:40	19:31	18:24	16:33	16:21	16:21
43   08:21	11:06	18:20	20:12	21:01	21:36	21:28	20:37	19:28	18:21	16:30	16:20	16:20
44   16:59	11:55	18:43	20:35	21:23	21:49	21:32	20:38	19:29	18:22	16:32	16:21	16:21
45   08:20	11:08	18:26	20:18	21:07	21:42	21:34	20:41	19:32	18:25	16:33	16:21	16:21
46   17:01	11:56	18:45	20:37	21:24	21:49	21:33	20:40	19:31	18:24	16:33	16:21	16:21
47   08:19	11:06	18:24	20:16	21:05	21:38	21:30	20:39	19:30	18:23	16:31	16:20	16:20
48   17:02	11:58	18:47	20:39	21:25	21:50	21:30	20:34	19:24	18:18	16:29	16:23	16:23
49   08:18	11:04	18:22	20:14	21:03	21:36	21:28	20:37	19:28	18:21	16:30	16:23	16:23
50   17:04	11:58	18:48	20:40	21:27	21:50	21:28	20:32	19:22	18:16	16:28	16:23	16:23
51   08:16	11:02	18:20	20:12	21:01	21:34	21:26	20:35	19:26	18:19	16:29	16:23	16:23
52   17:06	11:58	18:48	20:40	21:27	21:50	21:28	20:32	19:22	18:16	16:28	16:23	16:23
53   08:15	11:02	18:20	20:12	21:01	21:34	21:26	20:35	19:26	18:19	16:29	16:23	16:23
54   17:08	11:58	18:48	20:40	21:27	21:50	21:28	20:32	19:22	18:16	16:28	16:23	16:23
55   08:14	11:02	18:20	20:12	21:01	21:34	21:26	20:35	19:26	18:19	16:29	16:23	16:23
56   17:09	11:58	18:48	20:40	21:27	21:50	21:28	20:32	19:22	18:16	16:28	16:23	16:23
57   08:12	11:02	18:20	20:12	21:01	21:34	21:26	20:35	19:26	18:19	16:29	16:23	16:23
58   17:11	11:58	18:48	20:40	21:27	21:50	21:28	20:32	19:22	18:16	16:28	16:23	16:23
59   08:11	11:02	18:20	20:12	21:01	21:34	21:26	20:35	19:26	18:19	16:29	16:23	16:23
60   17:13	11:58	18:48	20:40	21:27	21:50	21:28	20:32	19:22	18:16	16:28	16:23	16:23
61   08:10	11:02	18:20	20:12	21:01	21:34	21:26	20:35	19:26	18:19	16:29	16:23	16:23
62   17:15	11:58	18:48	20:40	21:27	21:50	21:28	20:32	19:22	18:16	16:28	16:23	16:23
Sonnenscheinstunden	261	279	367	415	483	496	500	452	381	332	268	246
astr.max.mögl.Beschattung	369									59		977

**Tabellen-Layout: Die Daten für jeden Tag sind in folgender Matrix wiedergegeben (Sommerzeit wie Bezugsjahr):**

Tag im Monat	Sonnenaufgang (SS:MM)	Sonnenuntergang (SS:MM)	Minuten mit Schatten	Zeitpunkt (SS:MM) Schattenanfang (WEA mit erstem Schatten)	Zeitpunkt (SS:MM) Schattenende (WEA mit letztem Schatten)
--------------	-----------------------	-------------------------	----------------------	--	---