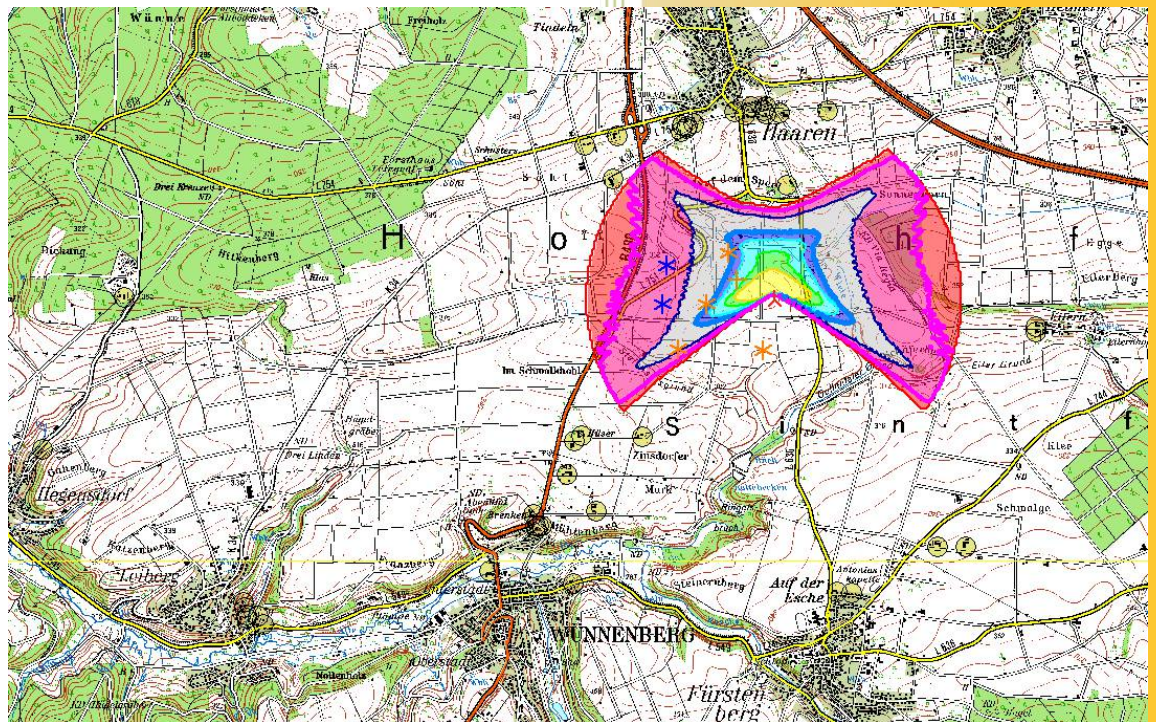


Schattenwurfanalyse Bad Wünnenberg-Hirschweg

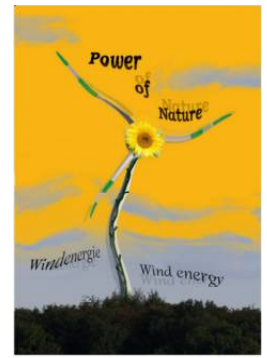


Fürtges, Jörg (Dipl.-Ing.)

Power of Nature - Windenergie

27.03.2023

Rev. 0



Windenergie

Schattenwurfanalyse für den Betrieb
von Windenergieanlagen
für den Standort

Bad Wünnenberg-Hirschweg (WEA 6N)

für

1 Enercon E-160 EP5 E3 R1 TES/5.560kW/166,6 m NH

unter Berücksichtigung von
diversen anderen bestehenden
Windenergieanlagen

Auftraggeber: EFG Energie GmbH & Co. KG
An der Grotte 17

D-33181 Bad Wünnenberg

Auftragnehmer: Power of Nature - Windenergie
Aulendorf 40

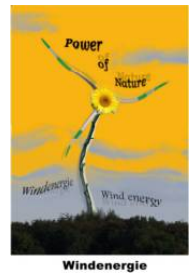
D-48727 Billerbeck

Erstellungsdatum: 27.03.2023

Geschäftsführer:
Jörg Fürtges, Dipl.-Ing

www.powernature.de
joerg.fuertges@powernature.de

Power of Nature - Windenergie
Aulendorf 40
D-48727 Billerbeck
Tel. +49 (0) 2543/930 46 74
Fax +49 (0) 2543/930 46 73



0. Kurzzusammenfassung

Im Auftrag der Firma EFG Energie GmbH & Co. KG mit Sitz in Bad Wünnenberg wurde der geplante Standort auf der Fläche der Gemeinde Bad Wünnenberg, in der Gemarkung Haaren, für eine Windenergieanlage hinsichtlich möglichen Schattenwurfs untersucht. Die geplante Windenergieanlage ist vom Anlagenhersteller Enercon GmbH vom Typ E-160 EP5 E3 TES mit einer Nennleistung von 5.560 kW.

Für diese geplante Neuanlage soll der mögliche auftretende Schattenwurf an den umliegenden Wohngebäuden ermittelt und dokumentiert werden.

Die Ermittlung der Zusatzbelastung, bestehend aus einer geplanten Enercon Anlage, ergab an **keinen** der berücksichtigten Wohngebäuden einen Schattenwurf.

Auf Grund der nicht vorhandenen Beschattung von Wohngebäuden durch die geplante Neuanlage wurde eine Beschattungsbetrachtung durch die vorhandenen Bestandsanlagen sowie einer Gesamtbetrachtung nicht durchgeführt.

Somit besteht gegen die Errichtung der geplanten Enercon Anlage vom Typ E-160 EP5 E3 TES mit einer Nennleistung von 5.560kW aus schattenwurftechnischen Gründen **keine** Bedenken.

Diese Schattenwurfanalyse enthält 26 Seiten und besitzt einen Anhang mit weiteren Projektinformationen und Ergebnisseiten. Der Anhang umfasst 2 Seiten und 22 Duplex-Seiten. Die Analyse ist nur mit dem Anhang verwendbar.

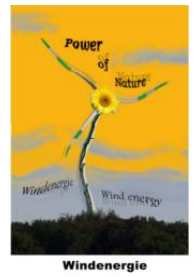
Billerbeck, 27.03.2023

Power of Nature - Windenergie


Jörg Fürtges, Dipl.-Ing.

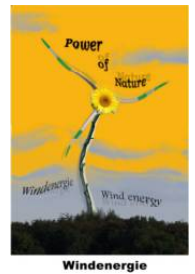


Die Weitergabe, Veröffentlichung und Vervielfältigung der Prognose an Dritte ist unter Angabe des Zwecks nur mit schriftlichem Einverständnis des Gutachterbüros Power of Nature - Windenergie gestattet. Ausgenommen davon sind: zum Zwecke der Prospektierung, Weitergabe an Genehmigungsbehörden sowie an die finanzierenden Banken.



Inhaltsverzeichnis	Seite
0. Kurzzusammenfassung	3
1. Inhaltsverzeichnis	4
2. Aufgabenstellung	5
3. Lageplan der Windenergieanlagen (nicht maßstäblich)	9
4. Projektdaten Überblick	10
5. Basisdaten	14
5.1 Allgemeines zur Schattenwurfanalyse	14
5.2 Grenzentfernung	15
5.3 Berechnungsvoraussetzung	16
5.4 Berechnungsmethode	17
5.5 Richtwerte/Einhaltung	18
6. Zusatzbelastung nach worst-case Verfahren & reale Werte	19
6.1 Zusatzbelastung durch geplante Windenergieanlage(n)	19
6.2 Karte mit Schattenwurflinien (nicht maßstäblich), Zusatzbelastung	23
6.3 Kartenausschnitte mit Schattenwurflinien/Schattenraster; Zusatzbel. (DIN A3)	24
7. Abschlussbetrachtung	25
8. Erläuterungen	26
9. Inhaltsverzeichnis des Anhangs (2 Seiten, 22 Duplex-Seiten)	I

Anhang: Anzahl: 2 Seiten und 22 Duplex-Seiten



2. Aufgabenstellung

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

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.

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 Rotor-durchmesser bei bestimmten Jahres- und Tageszeiten berechnet und abgebildet.

Der Auftraggeber, die Firma EFG Energie GmbH & Co. KG aus Bad Wünnenberg, plant auf der Fläche der Gemeinde Bad Wünnenberg eine Windenergieanlage des Anlagentyps E-160 EP5 E3 R1 TES mit einer Nennleistung von 5.560kW. Die geplante Nabenhöhe beträgt 166,6 m. In der nachfolgend aufgeführten Gemarkung, Flur und Flurstück, soll die geplante Windenergieanlage positioniert werden. Die Gemarkung, Flur und Flurstück lautet wie folgt:

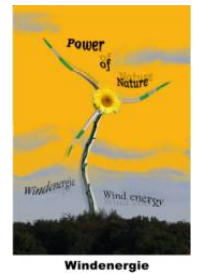
	Gemarkung	Flur	Flurstück
Anlagenkurzbezeichnung			
WP Hirsch-6N	Haaren	25	91

Tabelle 1: Auflistung Gemarkung, Flur, Flurstück

In dieser Schallimmissionsprognose wird mit den Koordinaten aus dem **UTM (North) WGS84 Zone 32** Koordinatensystem gearbeitet, die in der nachfolgenden Tabelle für die Neuanlagen noch einmal aufgeführt werden:

Koordinatensystem	UTM (North) WGS84 Koordinatensystem (Zone 32)	
Anlagenkurzbezeichnung	Ost	Nord
WP Hirsch-6N	481.555,0	5.710.645,0

Tabelle 2: UTM (North) WGS84 Koordinaten der geplanten Windenergieanlage(n)



Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens benötigt die Luftaufsicht – um eine Anfrage bearbeiten zu können – die Anlagenkoordinaten als geographische Koordinaten. Aus diesem Grund werden die geplanten Koordinaten der Neuanlage in der nachfolgenden Tabelle im geographischen Koordinatensystem mit dem Bezugssystem WGS 84 ausgegeben, die da wie folgt lauten:

Koordinatensystem	Geographisches Koordinatensystem (WGS 84)	
Anlagenbezeichnung	Ost	Nord
WP Hirsch-6N	08°44'02,40''	51°32'47,75''

Tabelle 3: geographischen Koordinaten der geplanten Windenergieanlage

Im Umfeld zu der geplanten Windenergieanlage befinden sich noch weitere Windparks (WP) mit unterschiedlichen Windenergieanlagen und Entfernungen zum Untersuchungsgebiet. Bei diesen Windenergieanlagen handelt es sich zum einen um Bestandsanlagen und zum anderen um in Planung befindliche Neuanlagen.

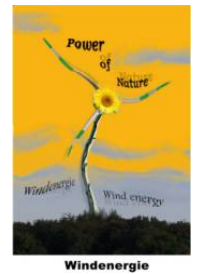
Bei den nachfolgend aufgeführten Windparks – die Namensgebung erfolgte an Hand der nächstgelegenen Ortschaft/Stadt und muss nicht zwangsläufig den Windparknamen aus anderen Verfahren wiedergeben – werden diverse verschiedene Anlagentypen betrachtet. Es wird bei der Auflistung auf eine detaillierte Typisierung verzichtet und auf die Seiten 10ff „Projektdaten-Überblick“ verwiesen.

Die Windparks lauten:

- Windpark Eiler Berg (EilB-); nordöstlich von dem geplanten Standort
- Windpark KLUS (KLUS-); westlich von dem geplanten Standort
- Windpark Hirschweg (Hirsch-); ergänzt den geplanten Standort
- Windpark Fürstenberg (Fürs-), südöstlich von dem geplanten Standort
- Windpark Meerhof (Meer-), südöstlich von dem geplanten Standort
- Windpark Elisenhof (Eli-), östlich von dem geplanten Standort
- Windpark Dalheim (Dal-), nordöstlich von dem geplanten Standort
- Windpark Helmern (Hel-), nordöstlich von dem geplanten Standort
- Windpark Bad Wünnenberg-Haaren, nordwestlich von dem geplanten Standort

In den nachfolgenden Berechnungen setzt sich die Kurzbezeichnung der betrachteten Windenergieanlage aus dem Kürzel des Windparknamens, z.B. EilB- für Eiler Berg, und der Anlagennummer zusammen.

Im Windpark Eiler Berg – hierzu zählt auch die hier schattenwurftechnisch betrachtete Neuanlage – befinden sich zum Zeitpunkt der Analysenerstellung zwei weitere Repoweringprojekte. Zum einen sollen im direkten Umfeld der Neuanlage zwei alte Vestas Anlagen vom Typ V-66/1.650kW und V-47/660kW durch eine moderne Enercon Anlage vom Typ E-103 EP2 TES/2.350kW auf einer Nabenhöhe von 108,4 m ersetzt werden. Bei diesem Repoweringvorhaben wird auf die beiden Altanlagen, die in Summe mehr Schattenwurf produzieren als die geplante Neuanlage, als Vorbelastrungsanlagen abgestellt.



Im weiteren Verlauf der Windparkausweitung stehen noch zwei weitere Altanlagen zum Repowering an. Zum einen eine alte V-66/1.650kW Anlage (Kurzbezeichnung „WP EilB-07“). Sie sollte durch eine Vestas Anlage vom Typ V-162 Serration/5.600kW/169,0m NH (Kurzbezeichnung WP EilB-41) ersetzt werden, die auch bereits eine Genehmigung erhalten hat. Zwischenzeitlich wurde durch den Antragsteller eine Leistungserhöhung auf 6.200 kW beantragt, wobei der Maschinentyp identisch bleibt. In der Analyse wird demnach die Anlagenvariante mit 6.200 kW berücksichtigt.

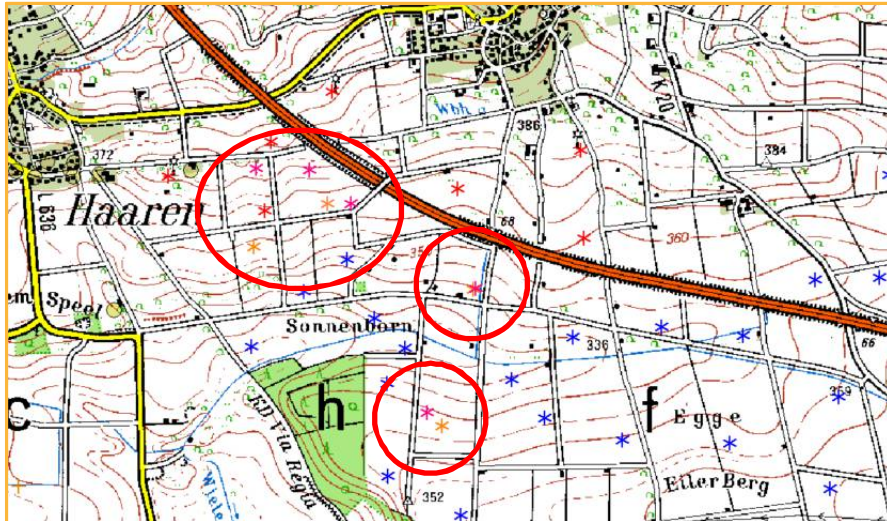
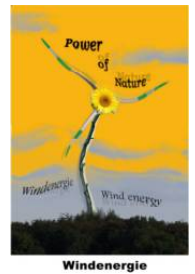
Weiterhin wird südlich der „WP EilB-06“ eine Bestandsanlage vom Typ V-90/2.000kW (Kurzbezeichnung WP EilB-10) gerepowert. Sie sollte zunächst durch den Anlagentyp V-136 Serration/4.200kW mit einer Gesamtnabenhöhe von 169,0 m vom Anlagenhersteller Vestas Wind Systems A/S ersetzt werden, wozu zwischenzeitlich eine Genehmigung erteilt wurde. Auch dieser Anlagenstandort wurde überplant und durch den Anlagentyp V-162 Serration/6.000kW mit einer Nabenhöhe von 169 m ersetzt. Eine Genehmigung steht zum Zeitpunkt der Analysenbearbeitung noch aus. Da der Anlagentyp V-162 Serration/6.000kW hinsichtlich seiner baulichen Abmessungen eine ungünstigeren Variante gegenüber der V-136 Serration/4.200kW in einer Schattenwurfanalyse darstellt, wird an diesem Standort die Anlagenvariante V-162 Serration/6.000kW gewählt und in den weiteren Berechnungen als sog. „Bestandsanlage“ berücksichtigt.

Ein weiteres Repoweringprojekt steht im nördlichsten Zipfel vom Windpark Eiler Berg an. Hier soll nach derzeitiger Sachlage eine Bestandsanlage vom Typ E-40/6.44 gegen eine N-149 SE/5.700kW ausgetauscht werden. Bedingt durch den Umstand, dass in diesem Projekt eine Bestandsanlage mit einem kleinen Rotordurchmesser durch eine Anlage mit einem großen Rotordurchmesser ausgetauscht werden soll, wird in dieser Analyse die geplante Großanlage vom Typ N-149 SE berücksichtigt.

In der nachfolgenden Tabelle werden diese Anlagen aufgelistet. Zusätzlich wurden die betroffene zu repowernden Anlagen im Lageplan (s. Seite 9 und im nachfolgenden Kartenausschnitt) als pinkes Anlagensymbol graphisch dargestellt.

Lfd.-Nr.	Anlagenkurzbezeichnung Gutachter	Anlagentyp/Nabenhöhe	Aktenzeichen	geplantes Repowering
1	WP EilB-07	V-66/1.650kW/78mNH	4215-99-04	WP EilB-43
2	WP EilB-08	V-47/660kW/65m NH	4216-99-04	WP EilB-43
3.	WP EilB-06	V-66/1.650kW/78mNH	3743-99-04	WP EilB-41
4	WP EilB-10	V-90/2.000kW/80m NH	1477-04	WP EilB-42
5	WP EilB-41	V-162 Serration/6.200kW	n.b.	-----
6	WP EilB-42	V-162 Serration/6.000kW	n.b.	-----
7	WP EilB-43	E-103 EP2 TES/2.350kW	n.b.	----
8	WP EilB-11	WKA 11 E-40/6.44	1959-03	WP EilB-44
9	WP EilB-44	N-163 SE/6.800kW	n.b.	-----

Tabelle 4: Abbau bestimmte Windenergieanlage(n) / Zuordnung Repoweringanlage



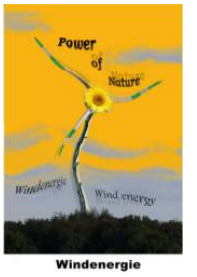
Graphik 1: Vergrößerung Positionen Neuanlagen und Repoweringanlagen

Wie im weiteren Verlauf dieser Untersuchung dargestellt wird, verursacht die geplante Neuanlage an keinem berücksichtigten Wohnhaus einen belastenden Schlagschatten, sodass diese Bestandsanlagen nur der Form wegen aufgeführt und somit dokumentiert werden. Eine Betrachtung der Vorbelastung sowie daraus folgend eine Gesamtbelastung fand innerhalb dieser Untersuchung nicht statt.

Die Anlagendaten (Koordinaten, Anlagentyp, Nabenhöhe, Schalleistungspegel) der zu untersuchten Anlagen erhielt ich im Zuge einer förmlichen Anfrage nach dem Umweltinformationsgesetz vom Kreis Paderborn. Ein aktueller Abgleich erfolgte auf Grundlage von Anlagendaten vom 12.03.2023, die vom Kreis Paderborn auf ihrer Internetseite zur Verfügung gestellt werden.

Der Standort liegt im Kreis Paderborn in Nordrhein Westfalen.

Die zu erwartenden Schattenwurfeffekte werden auf den nächsten Seiten detaillierter dargestellt.



3. Lageplan der Windenergieanlagen (nicht maßstäblich)

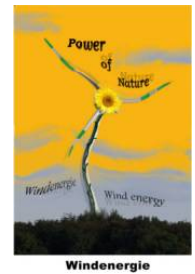
Projekt: Schattenwurf Bad Wünnenb.-Hirschweg (6N)	Beschreibung: Auftraggeber: EFG Energie GmbH & Co. KG An der Grotte 17 D-33181 Bad Wünnenberg Bundesland des Projekts: Nordrhein-Westfalen	Lizenziertes Anwender: Power of Nature - Windenergie Aulendorf 40 DE-48727 Billerbeck 02543 9304674 Fürtges / joerg.fuertges@powernature.de Berechnet: 27.03.2023 10:16/3.6.361
--	---	--

BASIS - Karte

Berechnung: Projektdaten-Überblick



0 1 2 3 4 km
 Karte: Eiler Berg Top 50 30km, Maßstab 1:75.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 481.796,8 Nord: 5.711.159,0
 ▲ Neue WEA * Existierende WEA ✱ Geplante WEA ☼ Schattenrezeptor



4. Projektdaten Überblick

Projekt: Schattenwurf Bad Wünnenb.-Hirschweg (6N)	Beschreibung: Auftraggeber: EFG Energie GmbH & Co. KG An der Grotte 17 D-33181 Bad Wünnenberg Bundesland des Projekts: Nordrhein-Westfalen	Lizenziertes Anwender: Power of Nature - Windenergie Aulendorf 40 DE-48727 Billerbeck 02543 9304674 Fürtges / joerg.fuertges@powernature.de Berechnet: 27.03.2023 10:16/3.6.361
--	---	--

BASIS - Projektdaten-Überblick

Berechnung: Projektdaten-Überblick

Land: Germany

Karten

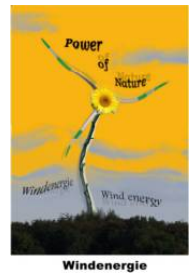
Name	Format	Pfad
Eler Berg Top 50 30km	Bitmap-Datei	C:\Users\Fürtges\POWER OF NATURE\WindPRO Data\Maps\Bad Wünnenberg\Eler Berg Top 50 30km.bmi
Bad Wünnenberg 1 25000	Bitmap-Datei	C:\Users\Fürtges\POWER OF NATURE\WindPRO Data\Maps\Bad Wünnenberg-Eisenhof\Bad Wünnenberg 1 25000.bmi
Basiskarte Eisenhof	Geo-Karte	C:\Users\Fürtges\POWER OF NATURE\WindPRO Data\Maps\Bad Wünnenberg-Eisenhof\13_12_10 Karte ABK Kunde\Windkraft Eisenhof GbR_Amtliche Basiskarte 5000.tif
ABK Eler Berg 5.000	Geo-Karte	C:\Users\Fürtges\POWER OF NATURE\WindPRO Data\Maps\Bad Wünnenberg\Eler Berg\13_12_10 ABK 5000 Kr_P0\Fürtges 2013-12-10_ABK.tif
ABK Eler Berg II 5.000	Geo-Karte	C:\Users\Fürtges\POWER OF NATURE\WindPRO Data\Maps\Bad Wünnenberg\Digitales ABK\WEWA_Windkraft_DGK 5_Stand_06-12-2010.tif

Standortzentrum: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 481.192,8 Nord: 5.710.837,2

WEA

	UTM (north)-WGS84 Zone: 32			Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung [kW]	Rotorhöhe [m]	Nabenhöhe [m]
	Ost	Nord	Z		Aktuell	Hersteller	Typ			
WP Dal-01	487.471,1	5.712.695,0	303,3	WKA 01 E-92... Existierend	Ja	ENERCON	E-92 E1-2.350	2.350	92,0	138,4
WP Dal-02	487.676,1	5.713.061,0	290,9	WKA 02 V-12... Existierend	Ja	VESTAS	V126-3.45 GridStream-3.450	3.450	126,0	149,0
WP Dal-03	487.623,1	5.713.317,0	290,0	WEA 03 V-12... Existierend	Ja	VESTAS	V126-3.45 GridStream-3.450	3.450	126,0	149,0
WP Dal-04	487.365,1	5.713.013,0	292,3	WKA 04 V-11... Existierend	Ja	VESTAS	V112 GridStream-3.450	3.450	112,0	119,0
WP Dal-08	487.159,1	5.712.641,0	299,4	WKA 08 V-12... Existierend	Ja	VESTAS	V126-3.45 GridStream-3.450	3.450	126,0	149,0
WP Dal-09	487.031,1	5.712.999,0	284,3	WKA 09 V-12... Existierend	Ja	VESTAS	V126-3.45 GridStream-3.450	3.450	126,0	149,0
WP Dal-10	486.431,1	5.713.297,0	308,8	WKA 10 V-12... Existierend	Ja	VESTAS	V126-3.45 GridStream-3.450	3.450	126,0	149,0
WP Dal-12	486.190,1	5.713.033,0	328,6	WKA 12 V-12... Existierend	Ja	VESTAS	V126-3.45 GridStream-3.450	3.450	126,0	149,0
WP Dal-13	486.179,1	5.712.692,0	334,9	WKA 13 V-12... Existierend	Ja	VESTAS	V126-3.45 GridStream-3.450	3.450	126,0	149,0
WP EilB-01	482.791,0	5.712.846,0	371,3	WKA 01 AN B... Existierend	Nein	ANBONUS	AN 600kW / 41-600	600	41,0	50,0
WP EilB-02	484.057,0	5.712.548,0	381,3	WKA 02 NOR... Existierend	Nein	NORDTANK	-500	500	41,0	50,0
WP EilB-03	481.956,0	5.712.413,0	380,0	WKA 03 TAC... Existierend	Nein	TACKE	TW 600-600/200	600	43,0	50,0
WP EilB-04	484.076,0	5.712.098,0	358,3	WKA 04 E-58... Existierend	Ja	ENERCON	E-58/10.58-1.000	1.000	58,0	70,5
WP EilB-05	482.449,0	5.712.239,0	369,2	WKA 05 E-58... Existierend	Ja	ENERCON	E-58/10.58-1.000	1.000	58,0	70,5
WP EilB-06	483.521,0	5.711.844,0	340,0	WKA 06 V-66... Existierend	Nein	VESTAS	V66-1.650/300	1.650	66,0	78,0
WP EilB-07	482.887,0	5.712.273,0	364,5	WKA 07 V-66... Existierend	Nein	VESTAS	V66-1.650/300	1.650	66,0	78,0
WP EilB-08	482.676,0	5.712.447,0	377,2	WKA 08 V-47... Existierend	Ja	VESTAS	V47-660/200	660	47,0	65,0
WP EilB-09	483.432,0	5.712.351,0	365,4	WKA 09 NTK ... Existierend	Nein	NORDTANK	-1.500/750	1.500	64,0	68,0
WP EilB-10	483.274,0	5.711.212,0	341,0	WKA 10 V-90... Existierend	Ja	VESTAS	V90-2,0 MW -2.000	2.000	90,0	80,0
WP EilB-11	482.404,0	5.712.454,0	380,0	WKA 11 E-40... Existierend	Nein	ENERCON	E-40/6.44-600	600	44,0	78,0
WP EilB-12	483.706,0	5.711.378,0	332,0	WKA 12 E-82... Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP EilB-13	482.867,0	5.711.992,0	342,7	WKA 13 E-82... Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	108,4
WP EilB-14	483.006,0	5.711.690,0	324,3	WKA 14 E-82... Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP EilB-15	483.070,0	5.711.360,0	338,8	WKA 15 E-82... Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP EilB-16	482.479,0	5.712.592,0	379,5	WKA 16 TW ... Existierend	Nein	TACKE	TW 600e-600/200	600	46,0	60,0
WP EilB-17	484.019,1	5.711.593,0	336,4	WKA 17 V-11... Existierend	Ja	VESTAS	V112 GridStream-3.300	3.300	112,0	140,0
WP EilB-18	486.289,1	5.711.224,0	370,7	WKA 18 E-10... Existierend	Ja	ENERCON	E-101-3.050	3.050	101,0	149,0
WP EilB-19	486.607,1	5.711.694,0	363,1	WKA 19 E-10... Existierend	Ja	ENERCON	E-101-3.050	3.050	101,0	149,0
WP EilB-20	486.002,1	5.711.793,0	360,0	WKA 20 E-11... Existierend	Ja	ENERCON	E-115/115.7-3.000	3.000	115,7	149,0
WP EilB-21	485.631,1	5.712.424,0	362,9	WKA 21 E-11... Existierend	Ja	ENERCON	E-115/115.7-3.000	3.000	115,7	149,0
WP EilB-23	485.833,1	5.712.289,0	354,2	WKA 23 E-70... Existierend	Ja	ENERCON	E-70 E4-2.300	2.300	71,0	85,0
WP EilB-24	485.583,0	5.711.900,0	356,2	WKA 24 E-11... Existierend	Ja	ENERCON	E-115 G2/115.7-3.000	3.000	115,7	149,1
WP EilB-25	486.739,1	5.711.395,0	367,7	WKA 25 Senv... Existierend	Ja	SENVION	3.0M122-3.000	3.000	122,0	139,0
WP EilB-26	482.381,1	5.711.546,0	320,0	WKA 26 E-11... Existierend	Ja	ENERCON	E-115/115.7-3.000	3.000	115,7	149,1
WP EilB-27	483.164,0	5.711.538,0	330,0	WKA 27 E-82... Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP EilB-28	485.253,1	5.711.888,0	350,0	WKA 28 Senv... Existierend	Ja	SENVION	MM100-2.000	2.000	100,0	100,0
WP EilB-29	483.076,0	5.710.886,0	349,0	WKA 29 V-12... Existierend	Ja	VESTAS	V126-3.45 GridStream-3.450	3.450	126,0	149,0
WP EilB-30	483.445,0	5.710.686,0	350,0	WKA 30 E-11... Existierend	Ja	ENERCON	E-115/115.7-3.000	3.000	115,7	149,1
WP EilB-31	483.874,0	5.711.183,0	344,4	WKA 31 E-11... Existierend	Ja	ENERCON	E-115 G2/115.7-3.000	3.000	115,7	149,1
WP EilB-32	484.270,0	5.711.073,0	351,0	WKA 32 V-12... Existierend	Ja	VESTAS	V126-3.45 GridStream-3.450	3.450	126,0	149,0
WP EilB-33	484.469,0	5.711.647,0	340,0	WKA 33 V-12... Existierend	Ja	VESTAS	V126-3.45 GridStream-3.450	3.450	126,0	149,0
WP EilB-34	484.886,0	5.711.601,0	343,8	WKA 34 V-12... Existierend	Ja	VESTAS	V126-3.45 GridStream-3.450	3.450	126,0	149,0
WP EilB-35	484.818,0	5.711.054,0	354,1	WKA 35 V-12... Existierend	Ja	VESTAS	V126-3.45 GridStream-3.450	3.450	126,0	149,0
WP EilB-36	485.376,0	5.711.290,0	357,9	WKA 36 E-11... Existierend	Ja	ENERCON	E-115 G2/115.7-3.000	3.000	115,7	149,1
WP EilB-37	485.891,0	5.711.346,0	365,6	WKA 37 E-11... Existierend	Ja	ENERCON	E-115/115.7-3.000	3.000	115,7	149,1
WP EilB-38	486.504,0	5.710.900,0	375,0	WKA 38 V-12... Existierend	Ja	VESTAS	V126-3.45 GridStream-3.450	3.450	126,0	149,0
WP EilB-39	485.332,0	5.710.823,0	365,2	WKA 39 E-11... Existierend	Ja	ENERCON	E-115 G2/115.7-3.000	3.000	115,7	149,1
WP EilB-40	482.417,1	5.711.827,0	330,7	WKA 40 E-82... Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP EilB-41	483.510,0	5.711.838,0	340,0	WKA 41 V-16... Existierend	Ja	VESTAS	V162-6.2 MW-6.200	6.200	162,0	169,0
WP EilB-42	483.350,1	5.711.144,0	342,7	WKA 42 V-16... Existierend	Ja	VESTAS	V162-6.0 MW-6.000	6.000	162,0	169,0
WP EilB-43	482.769,0	5.712.274,0	365,2	WKA 43 E-10... Existierend	Ja	ENERCON	E-103 EP2-2.350	2.350	103,0	108,4
WP EilB-44	482.393,0	5.712.055,0	356,5	WKA 44 N-14... Existierend	Ja	NORDEX	N149/5.X-5.700-5.700	5.700	149,0	125,0
WP EilB-01	487.663,0	5.711.152,0	333,6	WKA 01 N-11... Existierend	Nein	NORDEX	N117-2.400	2.400	116,8	140,6

(Fortsetzung nächste Seite)...



Schattenwurfanalyse Bad Wünnenberg-Hirschweg (WEA 6N) (Rev. 0) vom 27.03.2023

Projekt:

Schattenwurf Bad Wünnenb.-Hirschweg (6N)

Beschreibung:

Auftraggeber:

EFG Energie GmbH & Co. KG
An der Grotte 17

D-33181 Bad Wünnenberg

Bundesland des Projekts: Nordrhein-Westfalen

Lizenzierter Anwender:

Power of Nature - Windenergie

Aulendorf 40
DE-48727 Billerbeck
02543 9304674

Fürtges / joerg.fuertges@powernature.de

Berechnet:

27.03.2023 10:16/3.6.361

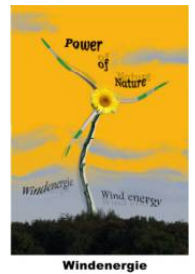
BASIS - Projektdaten-Überblick

Berechnung: Projektdaten-Überblick

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

	UTM (north)-WGS84 Zone: 32			Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung [kW]	Rotor-durchmesser [m]	Nabenhöhe [m]	
	Ost	Nord	Z		Aktuell	Hersteller	Typ				
WP Eli-02	488.501,0	5.710.949,0	324,7	WKA 02 N-11...	Existierend	Nein	NORDEX	N117-2.400	2.400	116,8	140,6
WP Eli-03	487.984,0	5.710.672,0	330,3	WKA 03 N-11...	Existierend	Nein	NORDEX	N117-2.400	2.400	116,8	140,6
WP Eli-04	487.490,0	5.710.462,0	332,5	WKA 04 N-11...	Existierend	Nein	NORDEX	N117-2.400	2.400	116,8	140,6
WP Eli-05	487.211,0	5.711.227,0	337,1	WKA 05 N-11...	Existierend	Nein	NORDEX	N117-2.400	2.400	116,8	140,6
WP Eli-06	487.389,0	5.710.158,0	338,4	WKA 06 N-11...	Existierend	Ja	NORDEX	N117/3000-3.000	3.000	116,8	140,6
WP Eli-07	488.176,1	5.711.091,0	321,6	WKA 07 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP Fürs-01	485.887,0	5.708.332,0	354,8	WKA 01 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP Fürs-02	485.678,0	5.708.715,0	337,1	WKA 02 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP Fürs-03	486.259,0	5.708.748,0	351,2	WKA 03 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP Fürs-04	486.930,0	5.709.284,0	346,8	WKA 04 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP Fürs-05	485.439,0	5.706.278,0	382,5	WKA 05 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP Fürs-06	485.460,0	5.706.529,0	385,9	WKA 06 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP Fürs-07	487.165,1	5.706.957,0	381,1	WKA 07 E-12...	Existierend	Nein	ENERCON	E-126 EP4 TES-4.200	4.200	127,0	135,0
WP Fürs-08	485.888,1	5.708.332,0	354,8	WKA 08 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP Fürs-09	485.682,0	5.708.501,0	344,5	WKA 09 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP Fürs-10	486.272,1	5.706.607,0	380,0	WKA 10 N-14...	Existierend	Ja	NORDEX	N149/4500-4.500	4.500	149,0	164,0
WP Fürs-11	487.413,1	5.707.474,0	376,0	WKA 11 E-11...	Existierend	Ja	ENERCON	E-115 G2/115.7-3.000	3.000	115,7	149,1
WP Fürs-12	486.498,0	5.708.544,0	358,3	WKA 12 E-11...	Existierend	Ja	ENERCON	E-115 G2/115.7-3.000	3.000	115,7	149,1
WP Fürs-13	485.773,1	5.706.290,0	376,7	WKA 13 N-11...	Existierend	Ja	NORDEX	N117/3600-3.600	3.600	116,8	141,0
WP Haar-39	478.400,0	5.715.024,0	290,3	E-82 E1/2.00...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	138,4
WP Haar-40	478.496,0	5.714.824,0	298,8	E-82 E1/2.00...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	138,4
WP Haar-41	478.546,0	5.714.588,0	307,1	E-82 E1/2.00...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	138,4
WP Haar-42	478.907,0	5.714.984,0	299,9	E-82 E1/2.00...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	138,4
WP Haar-43	478.864,0	5.715.860,0	270,4	E-82 E1/2.00...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	138,4
WP Haar-44	479.185,0	5.715.818,0	278,2	E-82 E1/2.00...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	138,4
WP Haar-45	479.103,0	5.715.527,0	287,7	E-82 E1/2.00...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	138,4
WP Haar-46	479.326,0	5.715.394,0	297,7	E-82 E1/2.00...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	138,4
WP Haar-47	479.530,0	5.715.734,0	290,3	E-82 E1/2.00...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	138,4
WP Haar-48	479.622,0	5.716.040,0	279,9	E-82 E1/2.00...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	138,4
WP Haar-49	479.766,0	5.714.736,0	320,0	E-82 E2/2.30...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP Haar-50	479.713,0	5.715.419,0	305,8	E-82 E2/2.30...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	108,4
WP Haar-51	480.131,0	5.715.174,0	312,4	E-82 E2/2.30...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	108,4
WP Haar-52	479.031,0	5.714.338,0	324,9	E-82 E2/2.30...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP Haar-53	479.922,1	5.715.594,0	304,3	WKA 53 E-13...	Existierend	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,6	160,0
WP Haar-54	480.196,1	5.715.557,0	304,0	WKA 54 E-11...	Existierend	Ja	ENERCON	E-115/115.7-3.000	3.000	115,7	149,0
WP Haar-55	479.584,1	5.714.539,0	320,0	WKA 55 E-13...	Existierend	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,6	160,0
WP Haar-56	479.339,1	5.714.785,0	318,4	WKA 56 E-13...	Existierend	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,6	160,0
WP Haar-57	479.796,3	5.715.152,0	315,8	WKA 57 E-13...	Existierend	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,6	160,0
WP Hel-01	485.574,1	5.713.064,0	329,6	WKA 01 E-11...	Existierend	Ja	ENERCON	E-115/115.7-3.000	3.000	115,7	149,0
WP Hel-02	485.429,1	5.712.668,0	370,2	WKA 02 E-11...	Existierend	Ja	ENERCON	E-115/115.7-3.000	3.000	115,7	149,0
WP Hirsch-01	480.481,0	5.710.600,0	330,0	WKA 01 E-10...	Existierend	Ja	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	135,4
WP Hirsch-02	480.525,0	5.710.971,0	344,9	WKA 02 E-10...	Existierend	Ja	ENERCON	E-101-3.000	3.000	101,0	135,4
WP Hirsch-03(N)	481.447,0	5.710.164,0	310,3	WKA 03 E-16...	Existierend	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3 R1-5.560	5.560	160,0	166,6
WP Hirsch-04(N)	480.910,6	5.710.603,1	325,2	WKA 04 E-16...	Existierend	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3 R1-5.560	5.560	160,0	166,6
WP Hirsch-11	481.117,0	5.711.099,0	322,7	WKA 11 N-14...	Existierend	Ja	NORDEX	N149/4500-4.500	4.500	149,0	164,0
WP Hirsch-12	480.635,0	5.710.176,0	320,5	WKA 12 E-13...	Existierend	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,6	131,0
WP Hirsch-6N	481.555,0	5.710.645,0	320,0	WEA 6N E-16...	Neu	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3 R1-5.560	5.560	160,0	166,6
WP KLUS-01	475.927,0	5.709.774,0	326,8	WKA 01 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP KLUS-02	475.493,0	5.709.354,0	320,4	WKA 02 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP KLUS-03	475.822,0	5.709.004,0	326,8	WKA 03 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP KLUS-04	476.419,0	5.709.810,0	330,0	WKA 04 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP KLUS-06	477.029,0	5.709.783,0	330,0	WKA 06 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP KLUS-07	477.188,0	5.709.284,0	330,0	WKA 07 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP KLUS-08	477.695,0	5.709.827,0	330,2	WKA 08 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP KLUS-09	477.712,0	5.709.376,0	330,0	WKA 09 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP KLUS-10	478.244,0	5.709.856,0	340,0	WKA 10 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP KLUS-11	478.852,0	5.709.957,0	340,0	WKA 11 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP KLUS-12	477.740,0	5.708.828,0	330,0	WKA 12 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP KLUS-13	478.230,0	5.709.346,0	337,2	WKA 13 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP KLUS-14	478.828,0	5.709.540,0	340,0	WKA 14 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP KLUS-15	477.902,0	5.710.363,0	363,5	WKA 15 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP KLUS-16	478.299,0	5.710.958,0	374,7	WKA 16 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP KLUS-17	478.990,0	5.710.506,0	352,7	WKA 17 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP KLUS-18	475.904,0	5.709.365,0	330,5	WKA 18 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	78,3
WP KLUS-19	479.290,0	5.711.313,0	370,0	WKA 19 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4

(Fortsetzung nächste Seite)...



Schattenwurfanalyse Bad Wünnenberg-Hirschweg (WEA 6N) (Rev. 0) vom 27.03.2023

Projekt: Schattenwurf Bad Wünnenb.-Hirschweg (6N)	Beschreibung: Auftraggeber: EFG Energie GmbH & Co. KG An der Grotte 17 D-33181 Bad Wünnenberg Bundesland des Projekts: Nordrhein-Westfalen	Lizenzierter Anwender: Power of Nature - Windenergie Aulendorf 40 DE-48727 Billerbeck 02543 9304674 Fürktes / joerg.fuertges@powernature.de Berechnet: 27.03.2023 10:16/3.6.361
---	--	---

BASIS - Projektdaten-Überblick

Berechnung: Projektdaten-Überblick

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

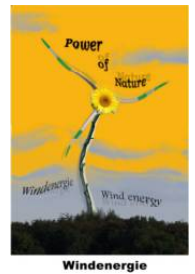
	UTM (north)-WGS84 Zone: 32			Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung [kW]	Rotorhöhe [m]	Nabenhöhe [m]	
	Ost	Nord	Z		Aktuell	Hersteller	Typ				
WP KLUS-20	478.412,0	5.710.450,0	370,0	WKA 20 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP KLUS-21	478.851,0	5.711.366,0	365,1	WKA 21 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP KLUS-22	478.732,0	5.710.839,0	370,0	WKA 22 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP KLUS-23	479.614,0	5.710.710,0	332,3	WKA 23 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP KLUS-24	479.500,0	5.711.115,0	370,0	WKA 24 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP KLUS-25	479.292,1	5.710.526,0	339,3	WKA 25 V-11...	Existierend	Ja	VESTAS	V112 GridStreamer-3.450	3.450	112,0	140,0
WP KLUS-27	476.859,1	5.709.392,0	337,9	WKA 27 E-92...	Existierend	Ja	ENERCON	E-92 E1-2.350	2.350	92,0	138,4
WP KLUS-28	479.562,1	5.709.916,0	334,7	WKA 28 E-11...	Existierend	Ja	ENERCON	E-115/115.7-3.000	3.000	115,7	149,0
WP KLUS-29	476.433,1	5.709.532,0	333,0	WKA 29 E-92...	Existierend	Ja	ENERCON	E-92 E1-2.350	2.350	92,0	138,4
WP KLUS-31	480.040,1	5.710.968,0	361,1	WKA 31 E-11...	Existierend	Ja	ENERCON	E-115/115.7-3.000	3.000	115,7	149,0
WP KLUS-33	479.813,0	5.711.351,0	367,3	WKA 33 V-11...	Existierend	Ja	VESTAS	V112 GridStreamer-3.450	3.450	112,0	140,0
WP KLUS-34	479.606,0	5.710.312,0	327,8	WKA 34 E-82...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	138,4
WP KLUS-35	479.348,0	5.710.116,0	330,4	WKA 35 E-13...	Existierend	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E2-4.200	4.200	138,6	131,0
WP Meer-03	487.200,3	5.709.689,8	348,4	WKA 03 V-66...	Existierend	Nein	VESTAS	V66-1.650/300	1.650	66,0	78,0
WP Meer-04	487.419,3	5.709.546,9	351,0	WKA 04 V-66...	Existierend	Nein	VESTAS	V66-1.650/300	1.650	66,0	78,0
WP Meer-05	487.887,1	5.709.626,9	353,9	WKA 05 V-66...	Existierend	Nein	VESTAS	V66-1.650/300	1.650	66,0	78,0
WP Meer-06	487.359,3	5.709.342,0	352,6	WKA 06 E-40...	Existierend	Nein	ENERCON	E-40/6.44-600	600	44,0	65,0
WP Meer-07	487.642,2	5.709.325,0	357,4	WKA 07 E-40...	Existierend	Nein	ENERCON	E-40/6.44-600	600	44,0	65,0
WP Meer-08	488.105,0	5.709.401,0	360,0	WKA 08 V-66...	Existierend	Nein	VESTAS	V66-1.650/300	1.650	66,0	78,0
WP Meer-09	488.494,8	5.709.558,9	358,7	WKA 09 V-66...	Existierend	Nein	VESTAS	V66-1.650/300	1.650	66,0	78,0
WP Meer-10	487.298,3	5.709.147,1	356,0	WKA 10 V-66...	Existierend	Nein	VESTAS	V66-1.650/300	1.650	66,0	78,0
WP Meer-11	487.797,1	5.709.127,1	361,8	WKA 11 V-66...	Existierend	Nein	VESTAS	V66-1.650/300	1.650	66,0	78,0
WP Meer-12	488.431,8	5.708.977,1	370,0	WKA 12 V-66...	Existierend	Nein	VESTAS	V66-1.650/300	1.650	66,0	78,0
WP Meer-13	487.898,1	5.708.900,2	362,4	WKA 13 V-66...	Existierend	Nein	VESTAS	V66-1.650/300	1.650	66,0	78,0
WP Meer-14	487.454,2	5.708.885,2	360,0	WKA 14 V-66...	Existierend	Nein	VESTAS	V66-1.650/300	1.650	66,0	78,0
WP Meer-24	488.091,0	5.708.724,2	364,0	WKA 24 V-66...	Existierend	Nein	VESTAS	V66-1.650/300	1.650	66,0	78,0
WP Meer-25	488.397,9	5.708.459,3	366,6	WKA 25 V-66...	Existierend	Nein	VESTAS	V66-1.650/300	1.650	66,0	78,0
WP Meer-26	488.619,8	5.708.216,4	370,0	WKA 26 V-66...	Existierend	Nein	VESTAS	V66-1.650/300	1.650	66,0	78,0
WP Meer-27	487.613,2	5.708.596,3	360,0	WKA 27 E-58...	Existierend	Ja	ENERCON	E-58/10.58-1.000	1.000	58,0	89,0
WP Meer-28	487.979,0	5.708.313,4	363,0	WKA 28 E-58...	Existierend	Ja	ENERCON	E-58/10.58-1.000	1.000	58,0	89,0
WP Meer-29	486.675,5	5.708.475,3	360,2	WKA 29 E-66...	Existierend	Ja	ENERCON	E-66/18.70-1.800	1.800	70,0	98,0
WP Meer-30	486.895,5	5.708.210,4	365,6	WKA 30 E-66...	Existierend	Ja	ENERCON	E-66/18.70-1.800	1.800	70,0	98,0
WP Meer-31	487.470,2	5.708.196,4	368,3	WKA 31 E-66...	Existierend	Ja	ENERCON	E-66/18.70-1.800	1.800	70,0	98,0
WP Meer-32	488.207,9	5.708.002,5	371,0	WKA 32 E-66...	Existierend	Ja	ENERCON	E-66/18.70-1.800	1.800	70,0	98,0
WP Meer-33	488.781,7	5.707.858,6	377,3	WKA 33 E-66...	Existierend	Ja	ENERCON	E-66/18.70-1.800	1.800	70,0	98,0
WP Meer-34	486.975,4	5.707.858,6	370,0	WKA 34 E-66...	Existierend	Ja	ENERCON	E-66/18.70-1.800	1.800	70,0	98,0
WP Meer-35	487.490,2	5.707.746,6	374,4	WKA 35 E-66...	Existierend	Ja	ENERCON	E-66/18.70-1.800	1.800	70,0	98,0
WP Meer-36	488.113,0	5.707.685,6	377,1	WKA 36 E-66...	Existierend	Ja	ENERCON	E-66/18.70-1.800	1.800	70,0	98,0
WP Meer-37	489.012,6	5.707.673,6	380,5	WKA 37 E-66...	Existierend	Ja	ENERCON	E-66/18.70-1.800	1.800	70,0	98,0
WP Meer-38	487.660,1	5.707.331,8	380,0	WKA 38 E-66...	Existierend	Ja	ENERCON	E-66/18.70-1.800	1.800	70,0	98,0
WP Meer-39	489.022,6	5.707.299,8	389,8	WKA 39 E-66...	Existierend	Ja	ENERCON	E-66/18.70-1.800	1.800	70,0	98,0
WP Meer-40	488.375,9	5.707.063,9	390,0	WKA 40 E-66...	Existierend	Ja	ENERCON	E-66/18.70-1.800	1.800	70,0	98,0
WP Meer-41	488.965,6	5.707.009,9	396,9	WKA 41 E-66...	Existierend	Ja	ENERCON	E-66/18.70-1.800	1.800	70,0	98,0
WP Meer-42	487.139,4	5.708.637,3	359,8	WKA 42 E-58...	Existierend	Ja	ENERCON	E-58/10.58-1.000	1.000	58,0	89,0
WP Meer-43	488.246,9	5.707.266,8	383,9	WKA 43 E-58...	Existierend	Ja	ENERCON	E-58/10.58-1.000	1.000	58,0	89,0
WP Meer-45	488.594,8	5.707.507,7	380,0	WKA 45 E-48...	Existierend	Ja	ENERCON	E-48-800	800	48,0	76,0
WP Meer-46	487.844,1	5.707.949,5	372,8	WKA 46 E-48...	Existierend	Ja	ENERCON	E-48-800	800	48,0	76,0
WP Meer-47	487.806,1	5.707.153,9	383,8	WKA 47 E-48...	Existierend	Ja	ENERCON	E-48-800	800	48,0	76,0
WP Meer-48	486.759,2	5.708.783,5	351,3	WKA 48 E-8...	Existierend	Ja	ENERCON	E-82-2.000	2.000	82,0	98,4
WP Meer-49	488.569,5	5.707.027,2	394,7	WKA 49 E-53...	Existierend	Ja	ENERCON	E-53-800	800	52,9	73,3
WP Meer-50	488.625,5	5.709.737,1	354,0	WKA 50 E-10...	Existierend	Ja	ENERCON	E-101-3.050	3.050	101,0	149,0
WP Meer-51	488.945,4	5.708.386,6	375,7	WKA 51 E-11...	Existierend	Ja	ENERCON	E-115/115.7-3.000	3.000	115,7	135,4
WP Meer-52	488.719,1	5.709.208,0	367,3	WKA 52 E-11...	Existierend	Ja	ENERCON	E-115/115.7-3.000	3.000	115,7	135,4
WP Meer-53	487.256,1	5.709.755,0	347,0	WKA 53 E-11...	Existierend	Ja	ENERCON	E-115/115.7-3.000	3.000	115,7	149,1
WP Meer-54	488.272,1	5.709.752,0	351,6	WKA 54 N-14...	Existierend	Ja	NORDEX	N149/5.X-5.700-5.700	5.700	149,0	164,0
WP Meer-55	487.895,1	5.710.209,0	342,5	WKA 55 N-14...	Existierend	Ja	NORDEX	N149/5.X-5.700-5.700	5.700	149,0	164,0

Schattenrezeptor

UTM (north)-WGS84 Zone: 32

	Ost	Nord	Z	Objektname	Ausrichtung	Länge	Höhe	Höhe über Grund	Winkel
	[m]				[°]	[m]	[m]	[m]	[°]
RZ A	481.678,0	5.711.730,0	342,0	Koksberg 1, Haaren (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0
RZ AA	479.339,0	5.708.489,0	315,8	Am Südhang 32, Bad Wünnenberg (WA-MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0

(Fortsetzung nächste Seite)...



Schattenwurfanalyse Bad Wünnenberg-Hirschweg (WEA 6N) (Rev. 0) vom 27.03.2023

Projekt: Schattenwurf Bad Wünnenb.-Hirschweg (6N)	Beschreibung: Auftraggeber: EFG Energie GmbH & Co. KG An der Grotte 17 D-33181 Bad Wünnenberg Bundesland des Projekts: Nordrhein-Westfalen	Lizenzierter Anwender: Power of Nature - Windenergie Aulendorf 40 DE-48727 Billerbeck 02543 9304674 Fürtges / joerg.fuertges@powernature.de Berechnet: 27.03.2023 10:16/3.6.361
--	---	--

BASIS - Projektdaten-Überblick

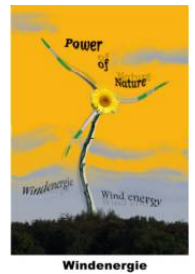
Berechnung: Projektdaten-Überblick

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

UTM (north)-WGS84 Zone: 32				Objektname	Ausrichtung [°]	Länge [m]	Höhe [m]	Höhe über Grund		Winkel [°]
Ost	Nord	Z	[m]					[m]	[°]	
RZ AB	479.307,0	5.708.489,0	313,1	Am Südhang 30, Bad Wünnenberg (WA-MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ AC	478.833,0	5.708.051,0	270,0	Leihberger Straße 11, Bad Wünnenberg (SO)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ AD	479.631,0	5.707.936,0	282,9	Unter der Grotte 11 a, Bad Wünnenberg (WA)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ AE	482.151,0	5.707.854,0	345,8	Sintfeld 3, Fürstenberg (WA)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ AF	482.296,0	5.707.849,0	348,5	Sintfeld 15, Fürstenberg (WA)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ AG	481.456,0	5.712.448,0	370,0	Windmühlenweg 17, Haaren (WA-MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ AH	481.339,0	5.712.486,0	370,0	Salmes-Feld 6, Haaren (WA)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ AI	474.571,0	5.709.211,0	276,1	Ausfallstr. Hegensdorf zu L754 (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ AJ	475.346,0	5.710.665,0	360,0	Im Wald nördl. WEA 31 (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ AK	480.728,0	5.712.299,0	380,0	Stallbusch 20, Haaren (WA-MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ AL	480.680,0	5.712.303,0	380,0	Stallbusch 7, Haaren (WA)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ AM	481.474,0	5.712.482,0	370,0	Salmes Feld 18, Bad Wünnenberg-Haaren (WA)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ AN	479.273,0	5.708.490,0	314,6	Am Südhang 31, Bad Wünnenberg (WA-MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ AO	479.287,0	5.708.452,0	300,0	Am Südhang 28, Bad Wünnenberg (WA)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ AP	480.712,3	5.712.275,8	380,0	Stallbusch 18, Haaren (WA-MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ AQ	480.665,4	5.712.246,6	380,0	Stallbusch 14, Haaren (WA-MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ B	481.178,0	5.712.437,0	370,0	Fürstenberger Str. 40, Haaren (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ C	481.276,0	5.712.408,0	370,0	Windmühlenweg 2, Haaren (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ D	481.473,0	5.712.410,0	370,0	Windmühlenweg 16, Haaren (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ E	481.605,0	5.712.421,0	370,0	Windmühlenweg 20, Haaren (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ F	482.070,0	5.712.444,0	380,0	Windmühlenweg 24, Haaren (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ G	480.781,0	5.712.329,0	380,0	Grüner Weg 1, Haaren (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ H	480.015,0	5.711.795,0	363,5	Kermelsgrund 1, Haaren (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ I	480.053,0	5.712.203,0	380,0	Bürener Str. 45, Haaren (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ J	479.747,0	5.712.118,0	370,0	Bürener Str. 51, Haaren (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ K	479.255,0	5.708.594,0	329,1	Im Sintfeld 1, Bad Wünnenberg (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ L	479.856,0	5.708.630,0	335,3	Im Sintfeld 2, Bad Wünnenberg (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ M	479.580,0	5.708.980,0	341,6	Im Sintfeld 3, Bad Wünnenberg (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ N	479.644,0	5.709.300,0	341,3	Im Sintfeld 5, Bad Wünnenberg (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ O	479.714,0	5.709.341,0	340,6	Im Sintfeld 6, Bad Wünnenberg (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ P	480.294,0	5.709.340,0	329,5	Im Sintfeld 7, Bad Wünnenberg (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ Q	476.488,0	5.707.756,0	273,6	Kampstr. 33, Leihberg (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ R	476.498,0	5.707.710,0	270,0	Kampstr. 22, Leihberg (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ S	476.521,0	5.707.636,0	270,0	Kampstr. 14, Leihberg (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ T	476.516,0	5.707.608,0	261,4	Am Bleichplatz 5a, Leihberg (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ U	476.681,0	5.707.547,0	262,7	Am Mühlenbusch 2, Leihberg (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ V	476.623,0	5.707.623,0	270,2	Am Mühlenbusch 3a, Leihberg (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ W	484.056,0	5.710.337,0	313,3	Siedlung Eilern 15, Eilern (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ X	484.057,0	5.710.385,0	317,3	Siedlung Eilern 16, Eilern (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ Y	483.110,0	5.708.289,0	346,7	Tewesweg 1, Fürstenberg (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0
RZ Z	483.388,0	5.708.287,0	348,5	Tewesweg 3, Fürstenberg (MI)	180,0	0,1	0,1	2,0	0,0	0,0

Linien-Objekte

UTM (north)-WGS84 Zone: 32				Datei	Zweck
Ost	Nord	Z	[m]		
A	481.411,3	5.710.940,4	0,0	C:\Users\Fürtges\POWER OF NATURE\WindPRO Data\Höhenmodelle\Eiler Berg\Höhen Bad Wünneb.-Eiler Berg_opti.wpo	Höhenlinien



5. Basisdaten

5.1 Allgemeines zur Schattenwurfanalyse

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

Es gibt zwei Definitionen von Schatten, einmal der Kernschatten, der vom Turm erzeugt wird und der nur vom Sonnenstand abhängig ist. Diese Art Schatten wird nicht betrachtet da er von untergeordneter Bedeutung ist.

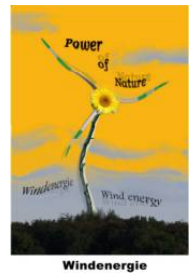
Zum anderen gibt es den Schlagschatten. Der Schlagschatten ist der Schatten, der durch die beweglichen Teile einer Windkraftanlage, die Rotorblätter erzeugt wird.

Je nach Ausrichtung einer Windenergieanlage zur Sonne treten zwei Extremformen von Schlagschatten (beweglichem Schatten) auf:

- 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 Windenergieanlage lateral zur Sonne ausgerichtet ist.
- Periodisch schlagartig auftretende Schatten, deren Amplitude ebenfalls 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, werden diese Art Schatten erzeugt.

Im Gegensatz zur ersten 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 Windenergieanlage weder vollständig lateral noch vollständig frontal zur Sonne ausgerichtet sein wird, wird eine Mischform dieser beiden Schattenarten auftreten.



5.2 Grenzentfernung

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.

Bei niedrigeren Sonnenständen (geringeren Höhenwinkeln), können sich bei der Berechnung theoretische Schattenlängen bis zu 800 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 WEA nur noch teilweise verdeckt und der Schlagschatteneffekt in dieser Entfernung nicht bzw. stark vermindert auftreten.

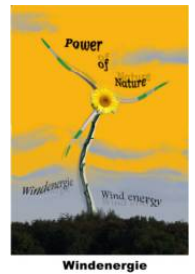
Die Trübung des Himmels kommt als Wirkung noch hinzu. Bei geringerer Sonnenhöhe hat die Trübung des Himmels einen größeren Einfluss, da die Sonnenstrahlen dann einen längeren Weg durch die Atmosphäre zurücklegen müssen. Durch die Moleküle und Staub sowie andere Verunreinigungen der Luft wird dieser Streueffekt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

Die Grenzentfernung, ab der 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 $0,53^\circ$. Für die Rotorblätter der heute marktüblichen Windkraftanlagen ergeben sich Grenzabstände von ca. 150 – 350 m.

Es wurde in der Berechnungskonfiguration ein Beschattungsbereich von 1.300 m angesetzt, was in den Beschlüssen der 103 LAI-Sitzungen vom-06.-08.05.02 als ausreichend angesehen wird.

Da die angenommenen Anlagentypen die Gesamthöhe überschreiten, die zur aufgeführten Beschattungsbereich von 1.300 m geführt haben, wurden für die Anlagentyp mit hoher Nabenhöhe das 20 % Verdeckungskriterium – gemäß LAI-Hinweisen – zum Ansatz gebracht. Dieses Verdeckungskriterium wird durch die Berechnungssoftware WindPRO aus der Rotorblatttiefe bei 90% des Rotordurchmessers und der maximalen Rotorblatttiefe ermittelt.

Die benötigten Daten wurden vom Anlagenhersteller zur Verfügung gestellt.



5.3 Berechnungsvoraussetzung

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 Windenergieanlage über den Zeitraum eines Jahres. Die betrachteten Objekte werden nach ihrer Lage in der Schattenellipse des Rotors beurteilt.

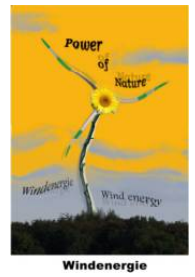
Der Verlauf des Schattens wird für eine Terrasse von 0,1 m Breite, 0,1 m Höhe und 2 m Abstand vom Boden betrachtet. Bei der Ausrichtung mit Winkel 0,0 Grad (Neigung des Fensters) ist der Schattenrezeptor waagrecht angeordnet (Gewächshaus-Modus). Hierdurch wird gewährleistet, dass dieser Schattenrezeptor an diesem Immissionspunkt jeden Schattenwurf, der durch umliegende Windenergieanlagen 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.

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

Die Berechnung beruht dabei auf folgenden Daten und Zusammenhängen:

- Position der WKA mit X, Y, und Z Koordinaten
- Nabenhöhe und Rotordurchmesser der WEA
- Daten der berücksichtigten Rezeptoren in Form von: Position des Rezeptors am Wohngebäude mit Koordinaten, Rezeptorgröße, -ausrichtung, -neigung und Rezeptorhöhe 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



5.4 Berechnungsmethode

Bei der Ermittlung der maximalen Beschattungszeiten können zwei verschiedenen Methoden Anwendung finden.

Zum einen gibt es die „worst-case“ Berechnung (Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer). In dieser Berechnung wird davon ausgegangen, dass die Sonne immer scheint, die Rotorfläche senkrecht zur Sonneneinstrahlung stehen und die Anlage immer in Betrieb ist.

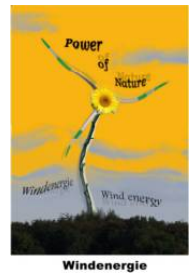
Zum anderen existiert eine weitere Berechnungsmethode, womit die realen Schattenwurfzeiten ermittelt werden. Für diese Art der Berechnung werden die Sonnenscheinwahrscheinlichkeiten und die Betriebsstunden je Windrichtungssektor benötigt. Die Sonnenscheinwahrscheinlichkeit ist das Verhältnis zwischen der gemessenen Sonnenscheindauer und der maximal möglichen Sonnenscheindauer (Zeitdauer von dem Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang).

Die Werte für die Sonnenscheinwahrscheinlichkeit wurde vom Softwarehersteller EMD herausgegeben. Sie enthalten Statistiken für ganz Deutschland für die gemessene Sonnenscheindauer und können mit der maximal möglichen Sonnenscheindauer die Sonnenscheinwahrscheinlichkeit ermitteln. Alternativ hierzu kann auch mit Werten einer nahegelegenen Wetterstation gerechnet werden, die vom Softwarehersteller EMD aufgenommen worden sind und in einer Datenbank in die Software integriert wurden.

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.

Man nennt die realen Schattenwurfzeiten auch „meteorologische Beschattungsdauer“.

In dieser Untersuchung werden beide vorweg benannten Berechnungsmethoden berücksichtigt.



5.5 Richtwerte/Einhaltung

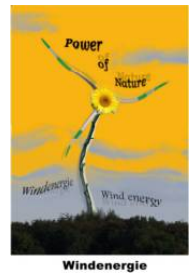
Die Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen wurde unter der Federführung des staatlichen Umweltamtes Schleswig von einem Expertengremium überarbeitet. Die überarbeitete Richtlinie wurde im Mai 2002 von dem Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) in Magdeburg 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 für alle Bundesländer bindend.

Das oben zitierte Expertengremium setzt sich aus Vertretern der staatlichen Umweltämtern, Gutachtern, Sachverständigen und den Doktoren und Professoren der Universität Kiel zusammen. 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° ist nicht zu berücksichtigen
- Der Einwirkungsbereich des Schattens endet hinter einer WKA bei 20% Verdeckungsgrad

Damit diese Richtwerte eingehalten werden können, benötigen die WEA 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 möglichen Beschattungsdauer bezieht, die Abschaltautomatik aber die reale Schattendauer benötigt, wurde hierfür die meteorologische Beschattungsdauer von 8,0 h pro Kalenderjahr festgelegt.



Schattenwurfanalyse Bad Wünnenberg-Hirschweg (WEA 6N) (Rev. 0) vom 27.03.2023

6. Zusatzbelastung nach worst-case Verfahren & reale Werte

6.1 Zusatzbelastung durch geplante Windenergieanlage(n)

Projekt: Schattenwurf Bad Wünnenb.-Hirschweg (6N)	Beschreibung: Auftraggeber: EFG Energie GmbH & Co. KG An der Grotte 17 D-33181 Bad Wünnenberg Bundesland des Projekts: Nordrhein-Westfalen	Lizenzierter Anwender: Power of Nature - Windenergie Aulendorf 40 DE-48727 Billerbeck 02543 9304674 Fürtgtes / joerg.fuertges@powernature.de Berechnet: 27.03.2023 10:04/3.6.361
--	---	--

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Zusatzbelastung (E-160 EP5 E3 R1 TES/5.560/166,6m NH)

Annahmen für Schattenwurfberechnung

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

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

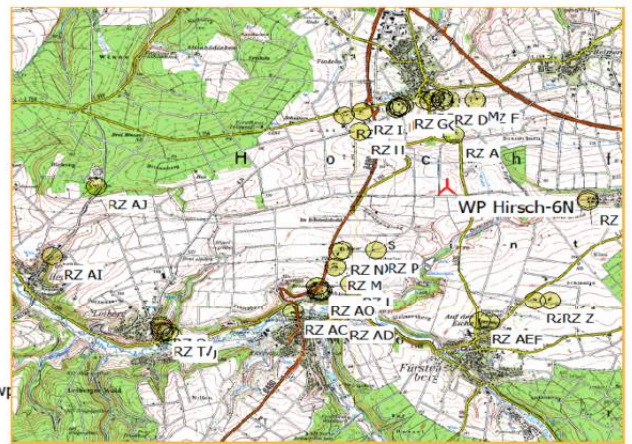
Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [BAD LIPPSPRINGE]
 Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez
 1,58 3,21 3,35 5,03 6,68 5,58 6,26 5,85 4,04 3,08 2,01 1,34

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: Höhenlinien: Höhen Bad Wünn.-Eiler Berg_opti.w
 Rasterauflösung: 1,0 m

Alle Koordinatangaben in:
 UTM (north)-WGS84 Zone: 32



Maßstab 1:125.000
 Neue WEA Schattenrezeptor

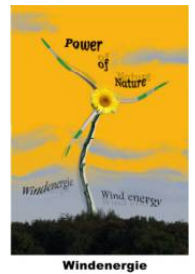
WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung [kW]	Rotor-durchmesser [m]	Nabenhöhe [m]	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich [m]	U/min
WP Hirsch-6N	481.555,0	5.710.645,0	320,0	WEA 6N E-16...	Ja	ENERCON	E-160 EP5 E3 R1-5.560	5.560	160,0	166,6	1.781	9,6

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite [m]	Höhe [m]	Höhe ü.Gr. [m]	Neigung des Fensters [°]	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr. [m]
RZ A	Koksberg 1, Haaren (MI)	481.678,0	5.711.730,0	342,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ AA	Am Südhang 32, Bad Wünnenberg (WA-MI)	479.339,0	5.708.489,0	315,8	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ AB	Am Südhang 30, Bad Wünnenberg (WA-MI)	479.307,0	5.708.489,0	313,1	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ AC	Leihberger Straße 11, Bad Wünnenberg (SO)	478.833,0	5.708.051,0	270,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ AD	Unter der Grotte 11 a, Bad Wünnenberg (WA)	479.631,0	5.707.936,0	282,9	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ AE	Sintfeld 3, Fürstenberg (WA)	482.151,0	5.707.854,0	345,8	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ AF	Sintfeld 15, Fürstenberg (WA)	482.296,0	5.707.849,0	348,5	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ AG	Windmühlenweg 17, Haaren (WA-MI)	481.456,0	5.712.448,0	370,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ AH	Salmes-Feld 6, Haaren (WA)	481.339,0	5.712.486,0	370,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ AI	Ausfallstr. Hegensdorf zu L754 (MI)	474.571,0	5.709.211,0	276,1	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ AJ	Im Wald nördl. WEA 31 (MI)	475.346,0	5.710.665,0	360,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ AK	Stallbusch 20, Haaren (WA-MI)	480.728,0	5.712.299,0	380,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ AL	Stallbusch 7, Haaren (WA)	480.680,0	5.712.303,0	380,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ AM	Salmes Feld 18, Bad Wünnenberg-Haaren (WA)	481.474,0	5.712.482,0	370,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ AN	Am Südhang 31, Bad Wünnenberg (WA-MI)	479.273,0	5.708.490,0	314,6	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ AO	Am Südhang 28, Bad Wünnenberg (WA)	479.287,0	5.708.452,0	300,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ AP	Stallbusch 18, Haaren (WA-MI)	480.712,3	5.712.275,8	380,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ AQ	Stallbusch 14, Haaren (WA-MI)	480.665,4	5.712.246,6	380,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ B	Fürstenberger Str. 40, Haaren (MI)	481.178,0	5.712.437,0	370,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ C	Windmühlenweg 2, Haaren (MI)	481.276,0	5.712.408,0	370,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ D	Windmühlenweg 16, Haaren (MI)	481.473,0	5.712.410,0	370,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ E	Windmühlenweg 20, Haaren (MI)	481.605,0	5.712.421,0	370,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ F	Windmühlenweg 24, Haaren (MI)	482.070,0	5.712.444,0	380,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ G	Grüner Weg 1, Haaren (MI)	480.781,0	5.712.329,0	380,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ H	Kermelsgrund 1, Haaren (MI)	480.015,0	5.711.795,0	363,5	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ I	Bürener Str. 45, Haaren (MI)	480.053,0	5.712.203,0	380,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ J	Bürener Str. 51, Haaren (MI)	479.747,0	5.712.118,0	370,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ K	Im Sintfeld 1, Bad Wünnenberg (MI)	479.255,0	5.708.594,0	329,1	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ L	Im Sintfeld 2, Bad Wünnenberg (MI)	479.856,0	5.708.630,0	335,3	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0

(Fortsetzung nächste Seite)...



Schattenwurfanalyse Bad Wünnenberg-Hirschweg (WEA 6N) (Rev. 0) vom 27.03.2023

Projekt: Schattenwurf Bad Wünnenb.-Hirschweg (6N)	Beschreibung: Auftraggeber: EFG Energie GmbH & Co. KG An der Grotte 17 D-33181 Bad Wünnenberg Bundesland des Projekts: Nordrhein-Westfalen	Lizenzierter Anwender: Power of Nature - Windenergie Aulendorf 40 DE-48727 Billerbeck 02543 9304674 Fürktes / joerg.fuertges@powernature.de Berechnet: 27.03.2023 10:04/3.6.361
--	---	--

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Zusatzbelastung (E-160 EP5 E3 R1 TES/5.560/166,6m NH)

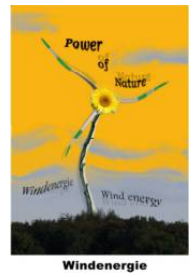
...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
					[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
RZ M	Im Sintfeld 3, Bad Wünnenberg (MI)	479.580,0	5.708.980,0	341,6	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ N	Im Sintfeld 5, Bad Wünnenberg (MI)	479.644,0	5.709.300,0	341,3	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ O	Im Sintfeld 6, Bad Wünnenberg (MI)	479.714,0	5.709.341,0	340,6	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ P	Im Sintfeld 7, Bad Wünnenberg (MI)	480.294,0	5.709.340,0	329,5	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ Q	Kampstr. 33, Leihberg (MI)	476.488,0	5.707.756,0	273,6	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ R	Kampstr. 22, Leihberg (MI)	476.498,0	5.707.710,0	270,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ S	Kampstr. 14, Leihberg (MI)	476.521,0	5.707.636,0	270,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ T	Am Bleichplatz 5a, Leihberg (MI)	476.516,0	5.707.608,0	261,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ U	Am Mühlenbusch 2, Leihberg (MI)	476.681,0	5.707.547,0	262,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ V	Am Mühlenbusch 3a, Leihberg (MI)	476.623,0	5.707.623,0	270,2	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ W	Siedlung Eilern 15, Eilern (MI)	484.056,0	5.710.337,0	313,3	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ X	Siedlung Eilern 16, Eilern (MI)	484.057,0	5.710.385,0	317,3	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ Y	Tewesweg 1, Fürstenberg (MI)	483.110,0	5.708.289,0	346,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ Z	Tewesweg 3, Fürstenberg (MI)	483.388,0	5.708.287,0	348,5	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0

Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

Nr.	Name	astron. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattungs
		Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr	Max.Schattendauer/Tag	Stunden/Jahr
		[h/a]	[d/a]	[h/d]	[h/a]
RZ A	Koksberg 1, Haaren (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ AA	Am Südhang 32, Bad Wünnenberg (WA-MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ AB	Am Südhang 30, Bad Wünnenberg (WA-MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ AC	Leihberger Straße 11, Bad Wünnenberg (SO)	0:00	0	0:00	0:00
RZ AD	Unter der Grotte 11 a, Bad Wünnenberg (WA)	0:00	0	0:00	0:00
RZ AE	Sintfeld 3, Fürstenberg (WA)	0:00	0	0:00	0:00
RZ AF	Sintfeld 15, Fürstenberg (WA)	0:00	0	0:00	0:00
RZ AG	Windmühlenweg 17, Haaren (WA-MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ AH	Salmes-Feld 6, Haaren (WA)	0:00	0	0:00	0:00
RZ AI	Ausfallstr. Hegensdorf zu L754 (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ AJ	Im Wald nördl. WEA 31 (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ AK	Stallbusch 20, Haaren (WA-MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ AL	Stallbusch 7, Haaren (WA)	0:00	0	0:00	0:00
RZ AM	Salmes Feld 18, Bad Wünnenberg-Haaren (WA)	0:00	0	0:00	0:00
RZ AN	Am Südhang 31, Bad Wünnenberg (WA-MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ AO	Am Südhang 28, Bad Wünnenberg (WA)	0:00	0	0:00	0:00
RZ AP	Stallbusch 18, Haaren (WA-MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ AQ	Stallbusch 14, Haaren (WA-MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ B	Fürstenberger Str. 40, Haaren (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ C	Windmühlenweg 2, Haaren (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ D	Windmühlenweg 16, Haaren (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ E	Windmühlenweg 20, Haaren (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ F	Windmühlenweg 24, Haaren (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ G	Grüner Weg 1, Haaren (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ H	Kermelsgrund 1, Haaren (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ I	Bürener Str. 45, Haaren (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ J	Bürener Str. 51, Haaren (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ K	Im Sintfeld 1, Bad Wünnenberg (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ L	Im Sintfeld 2, Bad Wünnenberg (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ M	Im Sintfeld 3, Bad Wünnenberg (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ N	Im Sintfeld 5, Bad Wünnenberg (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ O	Im Sintfeld 6, Bad Wünnenberg (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ P	Im Sintfeld 7, Bad Wünnenberg (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ Q	Kampstr. 33, Leihberg (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ R	Kampstr. 22, Leihberg (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ S	Kampstr. 14, Leihberg (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ T	Am Bleichplatz 5a, Leihberg (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ U	Am Mühlenbusch 2, Leihberg (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ V	Am Mühlenbusch 3a, Leihberg (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ W	Siedlung Eilern 15, Eilern (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ X	Siedlung Eilern 16, Eilern (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ Y	Tewesweg 1, Fürstenberg (MI)	0:00	0	0:00	0:00
RZ Z	Tewesweg 3, Fürstenberg (MI)	0:00	0	0:00	0:00



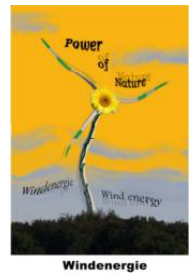
Schattenwurfanalyse Bad Wünnenberg-Hirschweg (WEA 6N) (Rev. 0) vom 27.03.2023

Projekt: Schattenwurf Bad Wünnenb.-Hirschweg (6N)	Beschreibung: Auftraggeber: EFG Energie GmbH & Co. KG An der Grotte 17 D-33181 Bad Wünnenberg Bundesland des Projekts: Nordrhein-Westfalen	Lizenziertes Anwender: Power of Nature - Windenergie Aulendorf 40 DE-48727 Billerbeck 02543 9304674 Fürtges / joerg.fuertges@powernature.de Berechnet: 27.03.2023 10:04/3.6.361
--	---	--

SHADOW - Hauptergebnis
Berechnung: Zusatzbelastung (E-160 EP5 E3 R1 TES/5.560/166,6m NH)

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA						
Nr.	Name		Maximal	Erwartet		
			[h/a]	[h/a]		
WP Hirsch-6N	WEA 6N E-160 EP5 E3 R1 TES/5.560kW/166,6m NH		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.



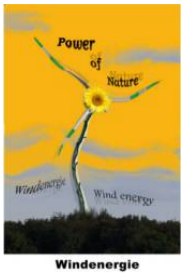
Schattenwurfanalyse Bad Wünnenberg-Hirschweg (WEA 6N) (Rev. 0) vom 27.03.2023

Die Zusatzbelastung – bestehend aus einer Enercon Anlage des Typs E-160 EP5 E3 R1 TES mit einer geplanten Nabenhöhe von 166,6 m – verursacht an **keinen** der berücksichtigten Wohngebäude einen Schattenwurf.

Der Schattenwurf wird nur innerhalb des bestehenden Windparks KLUS bzw. im Windpark Hirschweg erzeugt. Hier liegen keine unmittelbaren Wohngebäude vor.

Bedingt durch das dargestellte Berechnungsergebnis und die **nicht** vorhandene Beschattung von Wohngebäuden durch die Neuanlage, kann aus Sicht des Gutachters auf eine Betrachtung der Gesamtbelastung verzichtet werden. Dieses Vorgehen wurde mit dem zuständigen Amt des Kreises Paderborns im Zuge eines anderen Projekts im Kreis Paderborn abgestimmt.

Das Ergebnis wird auf der nachfolgenden Schattenwurfkarte graphisch dargestellt.

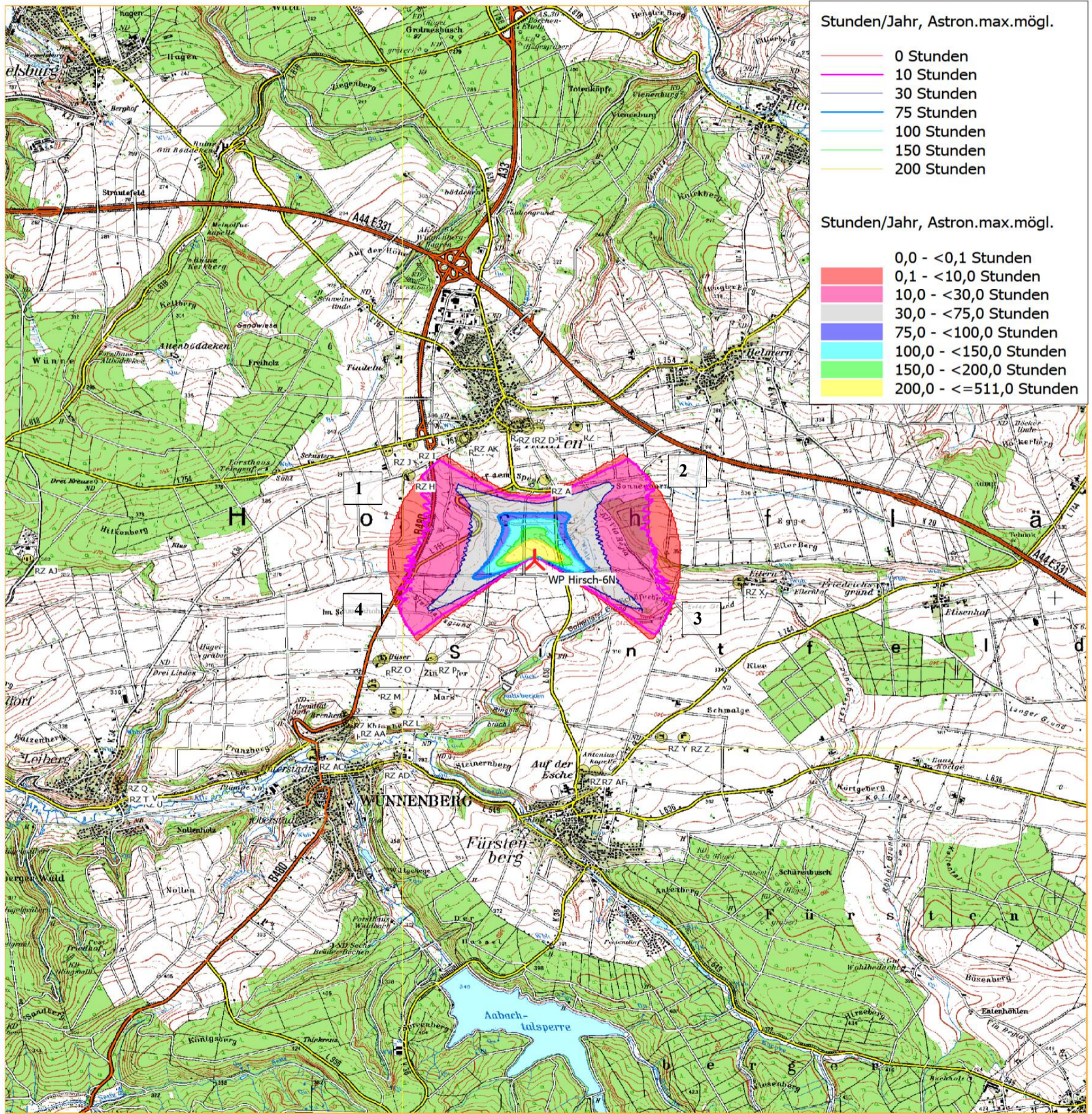


6.2 Karte mit Schattenwurflinien (nicht maßstäblich), Zusatzbelastung

Projekt: Schattenwurf Bad Wünnenb.-Hirschweg (6N)	Beschreibung: Auftraggeber: EFG Energie GmbH & Co. KG An der Grotte 17 D-33181 Bad Wünnenberg Bundesland des Projekts: Nordrhein-Westfalen	Lizenziertes Anwender: Power of Nature - Windenergie Aulendorf 40 DE-48727 Billerbeck 02543 9304674 Fürtges / joerg.fuertges@powernature.de Berechnet: 27.03.2023 10:04/3.6.361
--	--	--

SHADOW - Karte

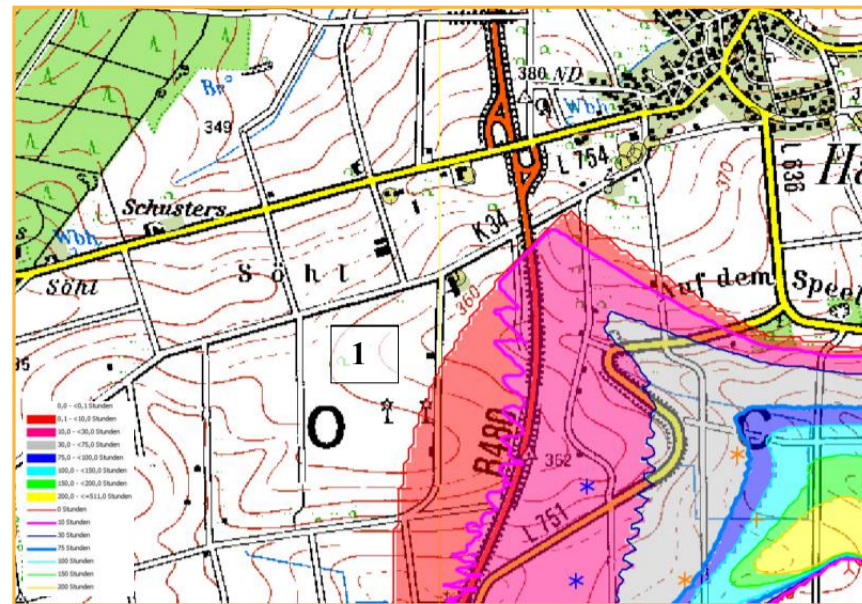
Berechnung: Zusatzbelastung (E-160 EP5 E3 R1 TES/5.560/166,6m NH)



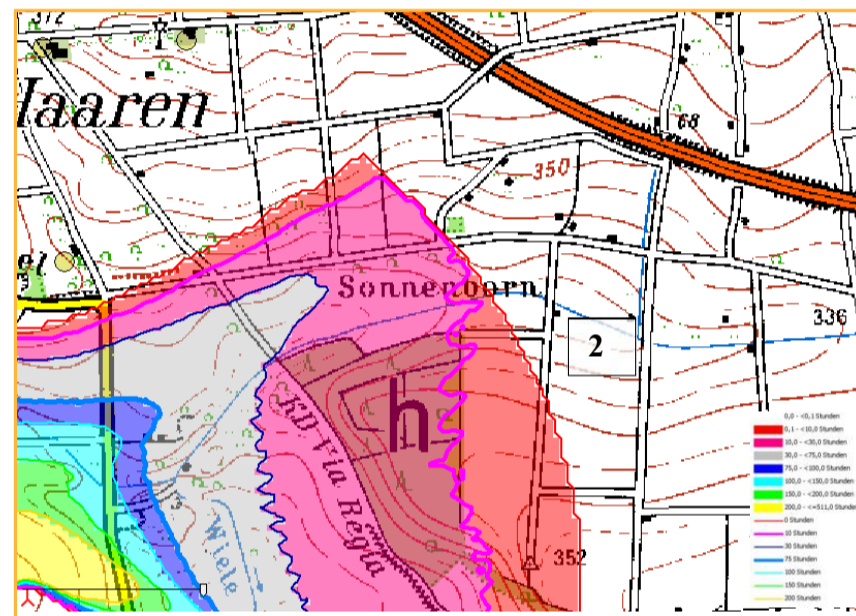
0 500 1000 1500 2000 m

Karte: Eiler Berg Top 50 30km , Maßstab 1:50.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 481.735,5 Nord: 5.710.840,0
 Neue WEA Schattenrezeptor
 Höhe der Schattenkarte: Höhenlinien: Höhen Bad Wünnenb.-Eiler Berg_opti.wpo (7)
 Zeitschritt: 3 Minuten, Schrittweite: 7 Tag(e), Kartenaufösung: 20 m, Sichtbarkeit Auflösung: 10 m, Augenhöhe: 1,5 m

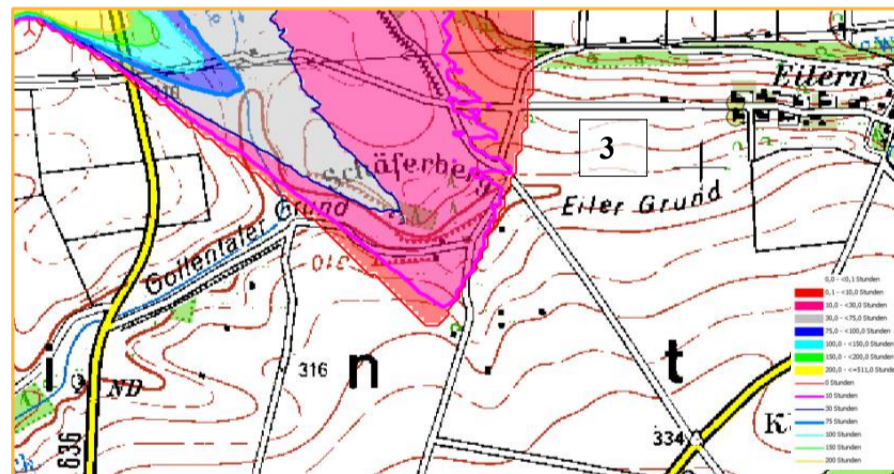
6.3 Kartenausschnitte mit Schattenwurflinien/Schattenraster; Zusatzbel. (DIN A3)



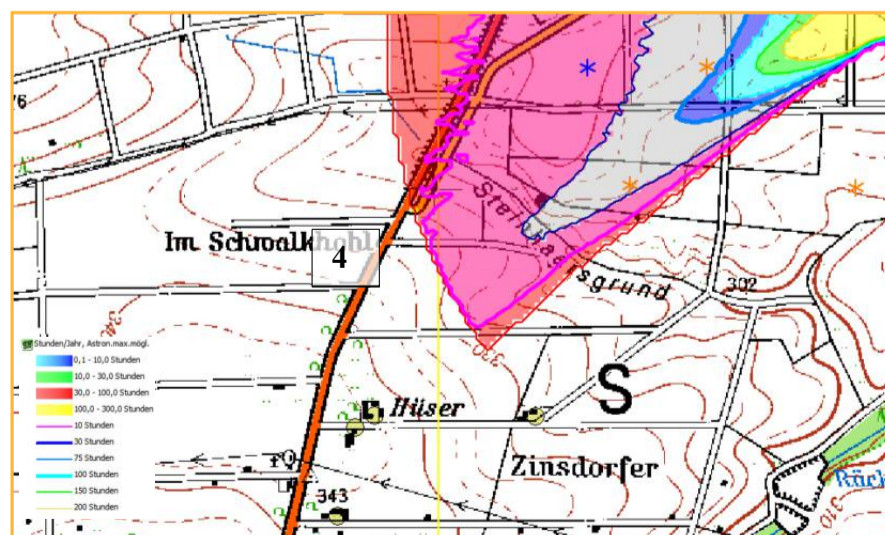
Grafik 1: Ausschnitt 1 nordwestlicher Untersuchungsbereich



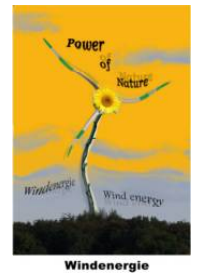
Grafik 2: Ausschnitt 2 nordöstlicher Untersuchungsbereich



Grafik 3: Ausschnitt 3 südöstlicher Untersuchungsbereich



Grafik 4: Ausschnitt 4 südwestlicher Untersuchungsbereich



7. Abschlussbetrachtung

Im Auftrag der Firma EFG Energie GmbH & Co. KG mit Sitz in Bad Wünnenberg wurde ein Anlagenstandort hinsichtlich möglichen Schattenwurfs schattenwurftechnisch untersucht. Dieser Standort liegt im Kreis Paderborn, in der Gemeinde Bad Wünnenberg.

Im Umfeld des zu untersuchenden Standorts befinden sich einige Wohngebäude, für die die Häufigkeit möglicher Störeffekte durch rotierende Schlagschatten – die durch die Rotation der Flügel einer Windenergieanlage bei Sonneneinstrahlung verursacht wird – zu untersuchen war.

Bei den berücksichtigten Wohngebäuden handelt es sich um die in dem Lageplan auf Seite 9 eingezeichneten Punkte. Im Einzelnen sind das die Rezeptoren A bis AQ, die auf der Seite 10f mit UTM WGS 84 Zone 32 Koordinaten genauer beschrieben sind. Die Flächengröße der einzelnen Rezeptoren wurde aus Gründen der Vergleichbarkeit mit einem Quadratdezimeter angenommen.

Bei dieser Schattenwurfuntersuchung wurden die vorhandenen und in Planung befindlichen Windenergieanlagen aus den Windparks Bad Wünnenberg-Haaren, Eiler Berg, Helmern, Dalheim, Elisenhof, Meerhof, Fürstenberg, Hirschweg und KLUS hinsichtlich möglichen Schattenwurfs **nicht** untersucht, da die geplante Neuanlage an **keinem** Wohngebäude einen Schlagschatten verursacht. Hierdurch wird die mögliche Beschattungszeit durch die Bestandsanlagen nicht weiter erhöht.

Der erzeugte Schlagschatten dieser Neuanlage verbleibt in den umliegenden Windparks KLUS und Hirschweg.

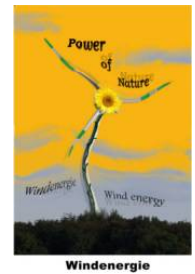
Somit wurde in dieser Untersuchung keine Vorbelastungs- und Gesamtbelastungsbetrachtung durchgeführt.

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

Im separaten Anhang befindet sich die kalendarische Schattenwurfübersicht mit den errechneten Einwirkzeiten rotierender Schatten auf eine dem Anlagenstandort zugewandten Terrasse.

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

Klimatologische Untersuchungen für Nord- und Mitteleuropa haben ergeben, dass die in der Praxis auftretenden Einwirkungszeiten bei maximal 20 - 30% der theoretisch ermittelten „worst-case“ Werte liegen.



8. Erläuterungen

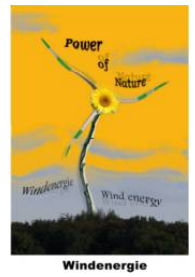
Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Untersuchungsstandort, der in der Projektdaten-Übersicht (Seite 10) genau beschrieben wurde und kann nicht auf einen anderen Standort übertragen werden. Des Weiteren gelten die Berechnungsergebnisse nur für die hier in Betracht gezogenem Anlagentypen mit dem entsprechenden Rotordurchmesser und Turmhöhe. Eine Übertragung auf andere Anlagentypen ist auf Grund der veränderten Blattform nicht möglich.

Für andere Koordinaten bzw. Anlagenkonfigurationen müssten neuerliche Berechnungen mit den modifizierten Werten erfolgen.

Da zum jetzigen Zeitpunkt nur die Untersuchungen der Christian-Albrechts-Universität Kiel über die Auswirkungen des zyklischen Schattenwurfs von Windenergieanlagen auf den Menschen vorliegen, gelten die hier getroffenen Aussagen vorerst bis zur Veröffentlichung entsprechender anderer Normen.

Die Datenerfassung, die dieser Ausarbeitung zugrunde liegt, wurde mit größtmöglicher Sorgfalt vorgenommen, alle Berechnungen wurden nach bestem Wissen und Gewissen unparteiisch erstellt und mehrfach gegengerechnet.

Die Fa. Power of Nature - Windenergie ist neutral und unabhängig.



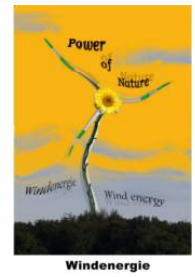
Schattenwurfanalyse Bad Wünnenberg-Hirschweg (WEA 6N) (Rev. 0) vom 27.03.2023

9. Inhaltsverzeichnis des Anhangs (2 Seiten, 22 Duplex-Seiten)

Anhang 1: Graphischer Schattenwurf-Kalender Zusatzbelastung (4 Duplex-Seiten)

Anhang 2: Detail. Schattenwurfkalender Zusatzbelastung (11 Duplex-Seiten)

Anhang 3: Beschlüsse der 103. LAI – Sitzung (7 Duplex-Seiten)

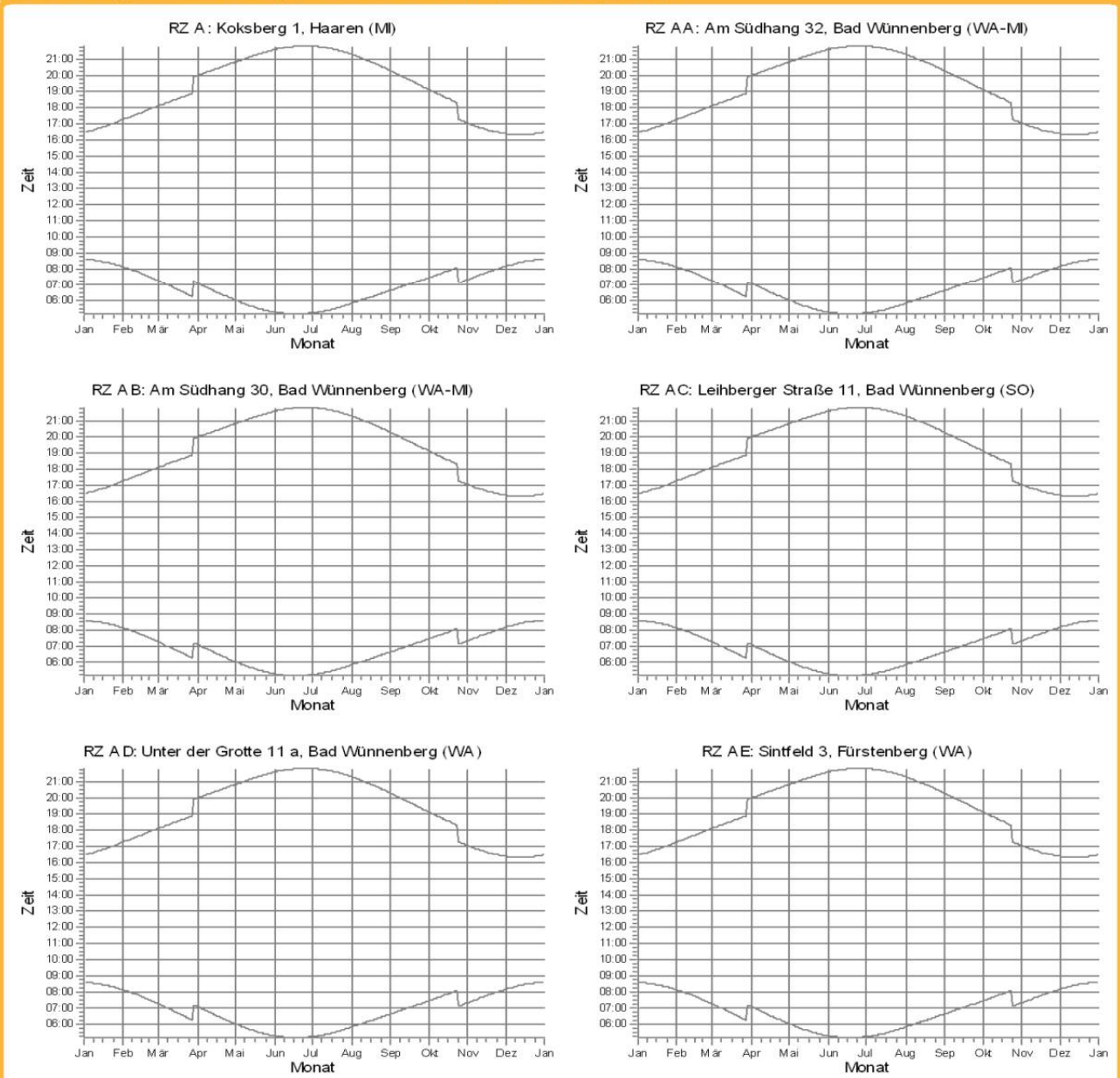


Anhang 1: Graphischer Schattenwurf-Kalender Zusatzbelastung (4 Duplex-Seiten)

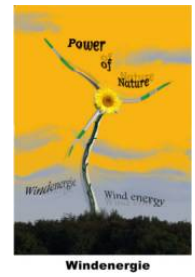
Projekt: Schattenwurf Bad Wünnenb.-Hirschweg (6N)	Beschreibung: Auftraggeber: EFG Energie GmbH & Co. KG An der Grotte 17 D-33181 Bad Wünnenberg Bundesland des Projekts: Nordrhein-Westfalen	Lizenzierter Anwender: Power of Nature - Windenergie Aulendorf 40 DE-48727 Billerbeck 02543 9304674 Fürtges / joerg.fuertges@powernature.de Berechnet: 27.03.2023 10:04/3.6.361
--	---	--

SHADOW - Grafischer Kalender

Berechnung: Zusatzbelastung (E-160 EP5 E3 R1 TES/5.560/166,6m NH)



WEA

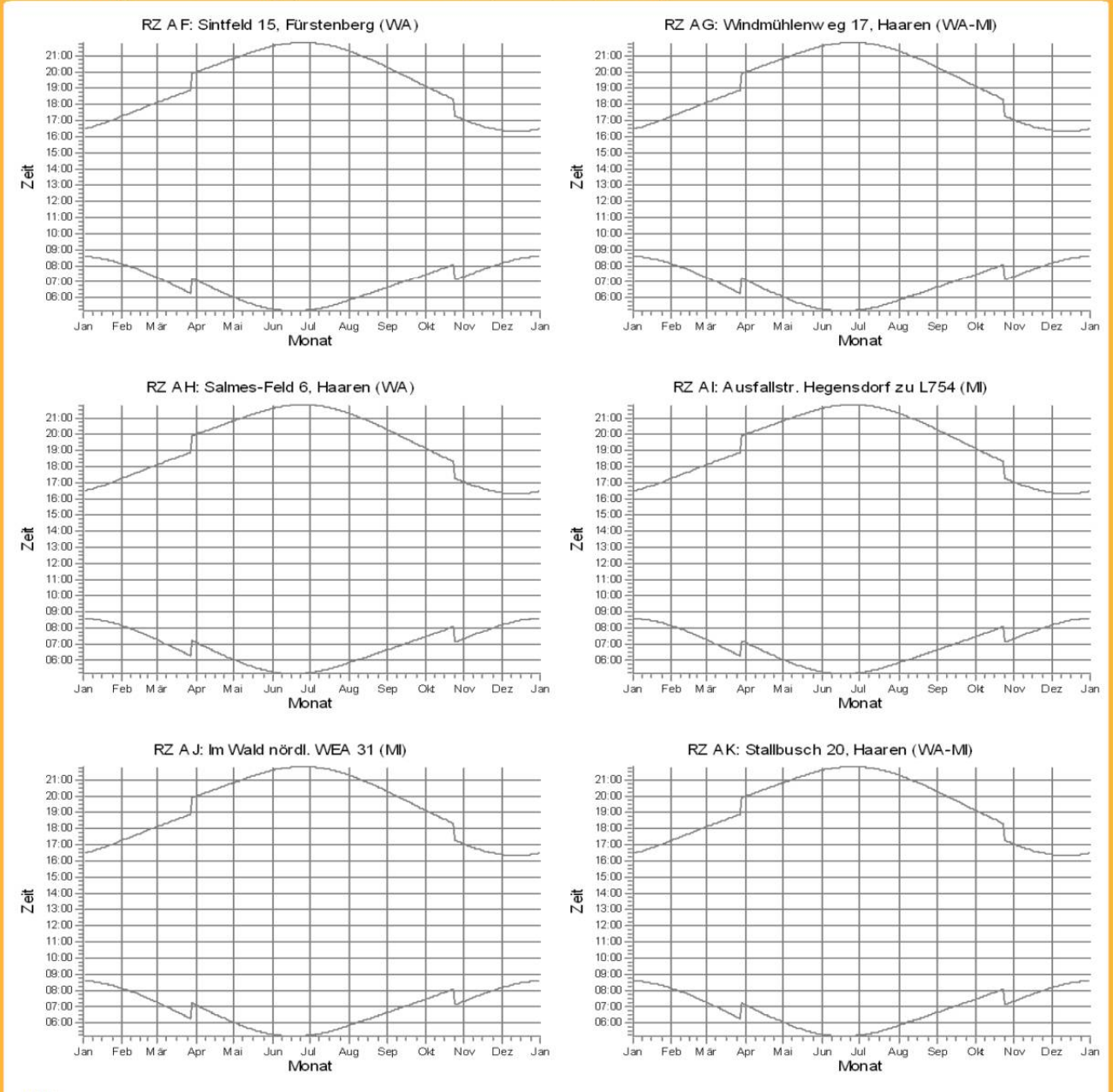


Schattenwurfanalyse Bad Wünnenberg-Hirschweg (WEA 6N) (Rev. 0) vom 27.03.2023

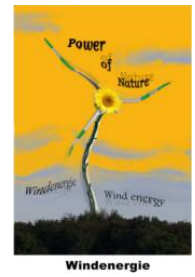
Projekt: Schattenwurf Bad Wünnenb.-Hirschweg (6N)	Beschreibung: Auftraggeber: EFG Energie GmbH & Co. KG An der Grotte 17 D-33181 Bad Wünnenberg Bundesland des Projekts: Nordrhein-Westfalen	Lizenzierter Anwender: Power of Nature - Windenergie Aulendorf 40 DE-48727 Billerbeck 02543 9304674 Fürtges / joerg.fuertges@powernature.de Berechnet: 27.03.2023 10:04/3.6.361
--	---	--

SHADOW - Grafischer Kalender

Berechnung: Zusatzbelastung (E-160 EP5 E3 R1 TES/5.560/166,6m NH)



WEA

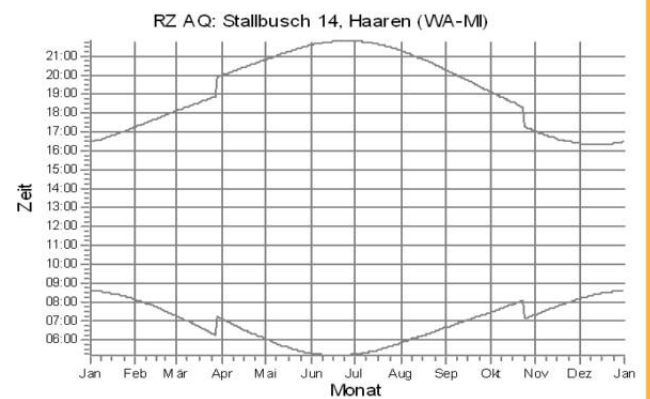
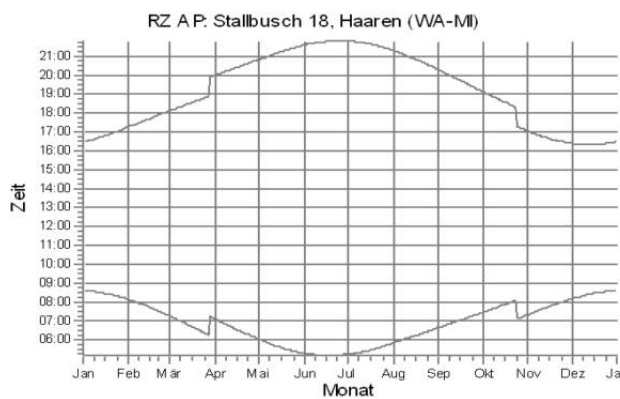
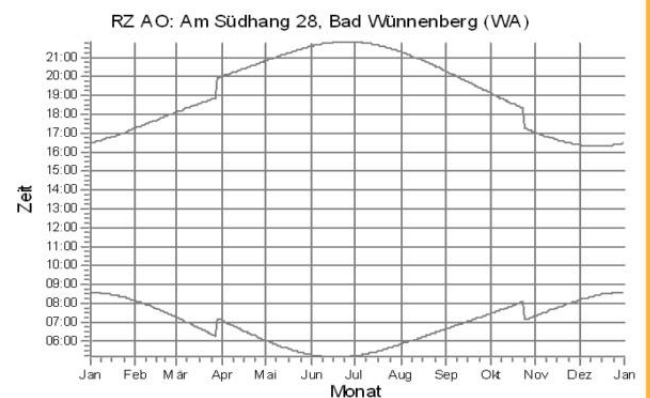
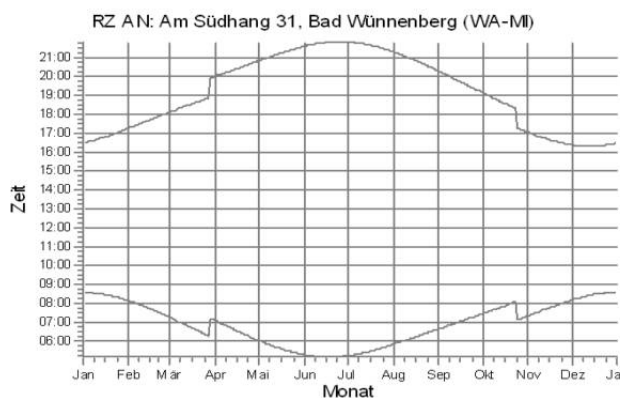
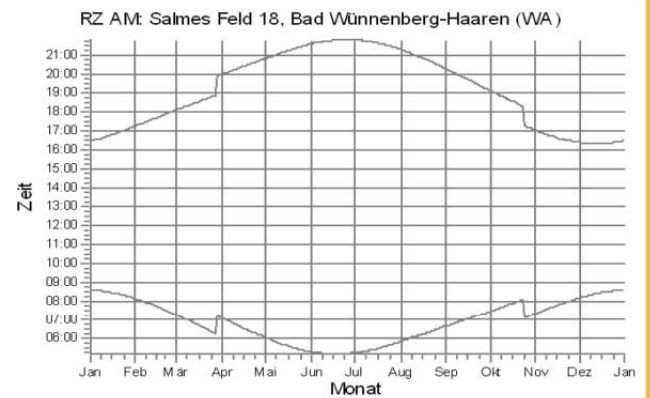
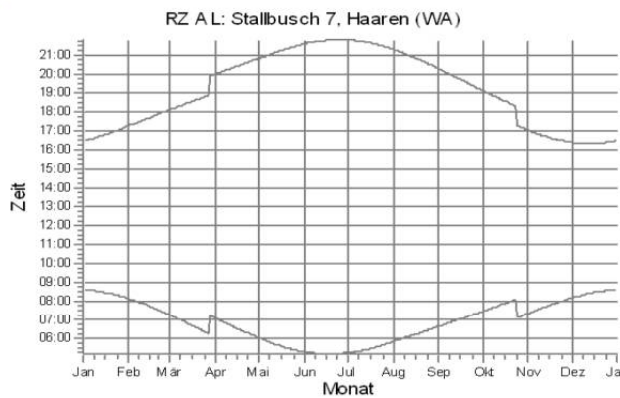


Schattenwurfanalyse Bad Wünnenberg-Hirschweg (WEA 6N) (Rev. 0) vom 27.03.2023

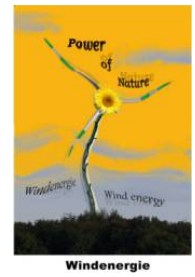
Projekt: Schattenwurf Bad Wünnenb.-Hirschweg (6N)	Beschreibung: Auftraggeber: EFG Energie GmbH & Co. KG An der Grotte 17 D-33181 Bad Wünnenberg Bundesland des Projekts: Nordrhein-Westfalen	Lizenziertes Anwender: Power of Nature - Windenergie Aulendorf 40 DE-48727 Billerbeck 02543 9304674 Fürtiges / joerg.fuertges@powernature.de Berechnet: 27.03.2023 10:04/3.6.361
--	---	---

SHADOW - Grafischer Kalender

Berechnung: Zusatzbelastung (E-160 EP5 E3 R1 TES/5.560/166,6m NH)



WEA

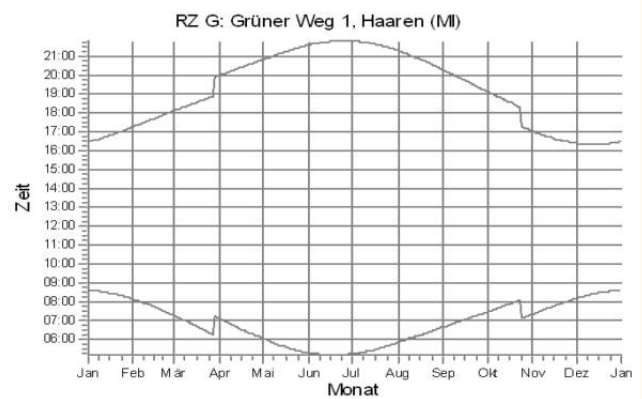
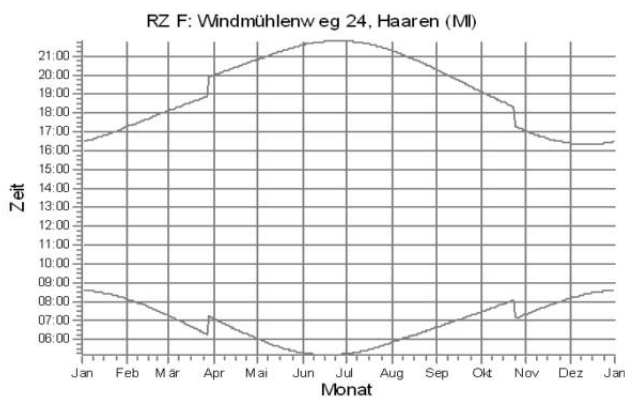
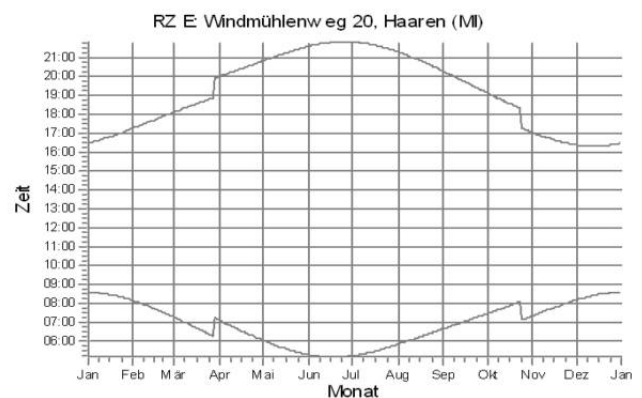
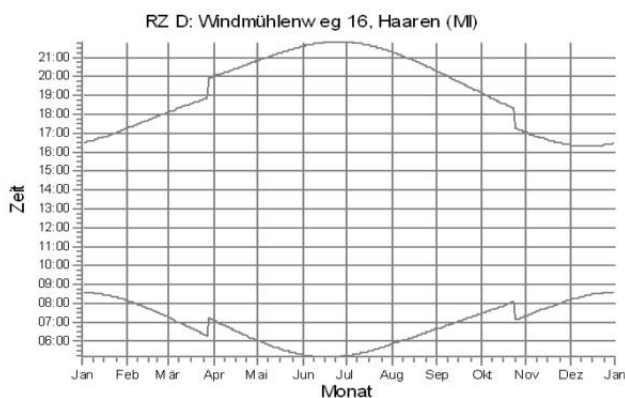
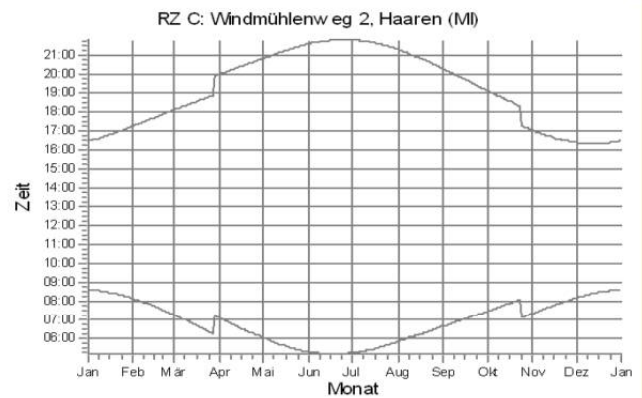
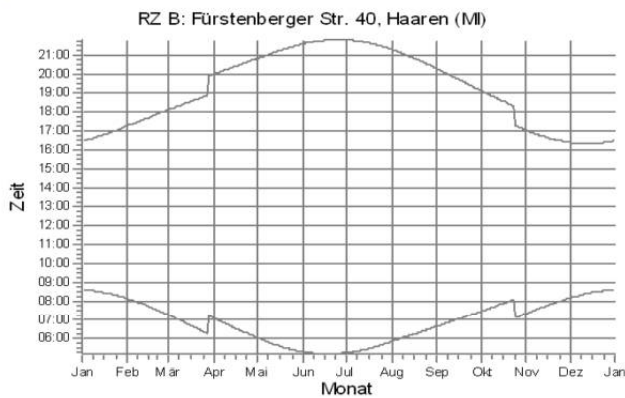


Schattenwurfanalyse Bad Wünnenberg-Hirschweg (WEA 6N) (Rev. 0) vom 27.03.2023

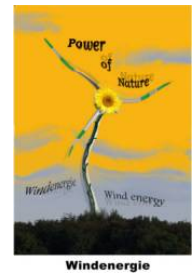
Projekt: Schattenwurf Bad Wünnenb.-Hirschweg (6N)	Beschreibung: Auftraggeber: EFG Energie GmbH & Co. KG An der Grotte 17 D-33181 Bad Wünnenberg Bundesland des Projekts: Nordrhein-Westfalen	Lizenziertes Anwender: Power of Nature - Windenergie Aulendorf 40 DE-48727 Billerbeck 02543 9304674 Fürtges / joerg.fuertges@powernature.de Berechnet: 27.03.2023 10:04/3.6.361
--	---	--

SHADOW - Grafischer Kalender

Berechnung: Zusatzbelastung (E-160 EP5 E3 R1 TES/5.560/166,6m NH)



WEA

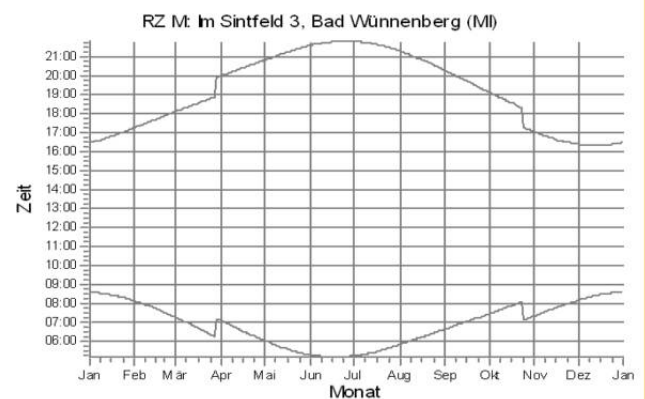
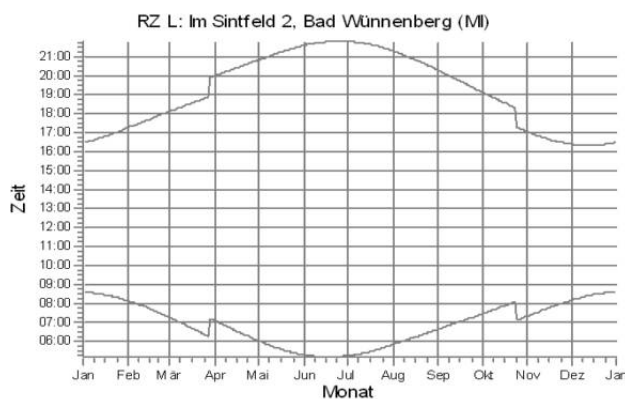
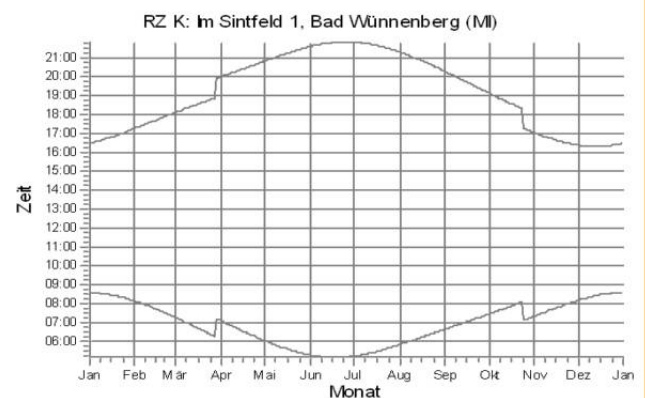
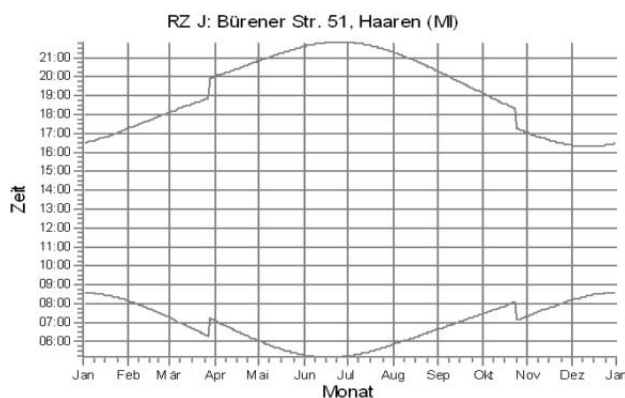
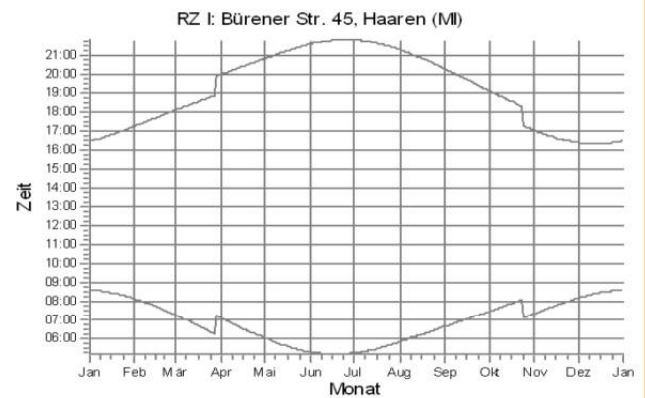
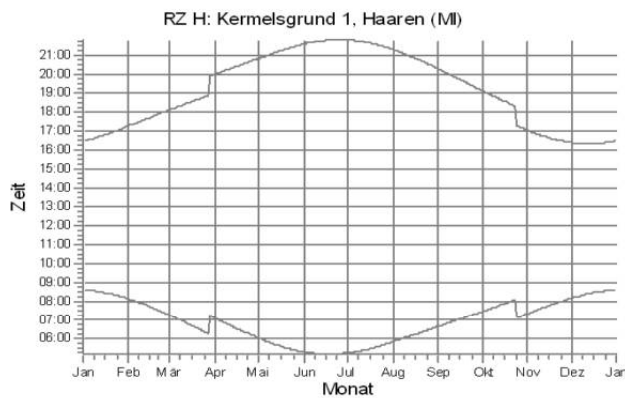


Schattenwurfanalyse Bad Wünnenberg-Hirschweg (WEA 6N) (Rev. 0) vom 27.03.2023

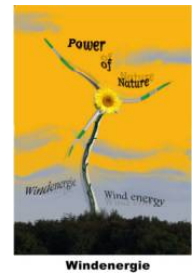
Projekt: Schattenwurf Bad Wünnenb.-Hirschweg (6N)	Beschreibung: Auftraggeber: EFG Energie GmbH & Co. KG An der Grotte 17 D-33181 Bad Wünnenberg Bundesland des Projekts: Nordrhein-Westfalen	Lizenziertes Anwender: Power of Nature - Windenergie Aulendorf 40 DE-48727 Billerbeck 02543 9304674 Fürtges / joerg.fuertges@powernature.de Berechnet: 27.03.2023 10:04/3.6.361
--	---	--

SHADOW - Grafischer Kalender

Berechnung: Zusatzbelastung (E-160 EP5 E3 R1 TES/5.560/166,6m NH)



WEA



Schattenwurfanalyse Bad Wünnenberg-Hirschweg (WEA 6N) (Rev. 0) vom 27.03.2023

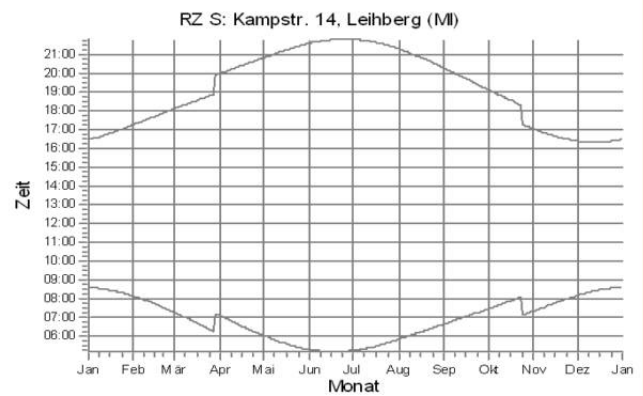
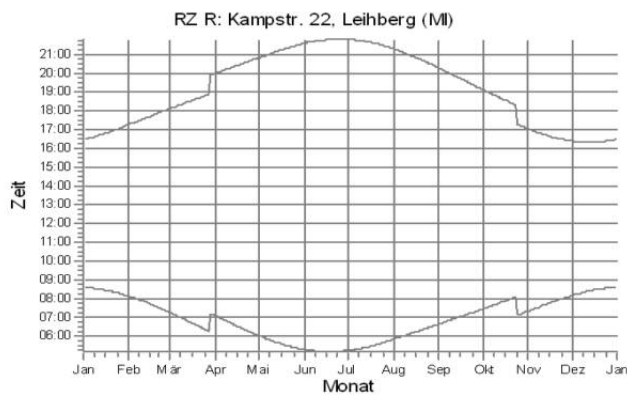
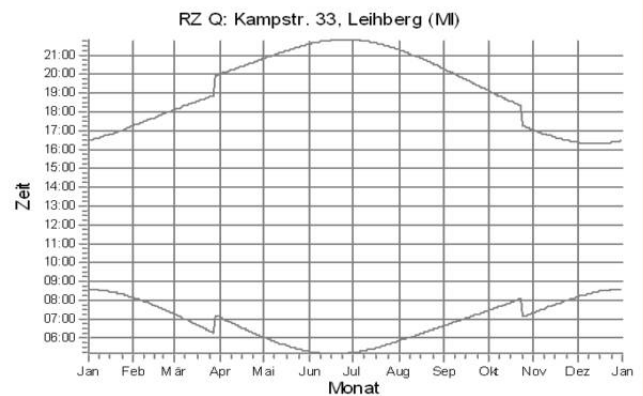
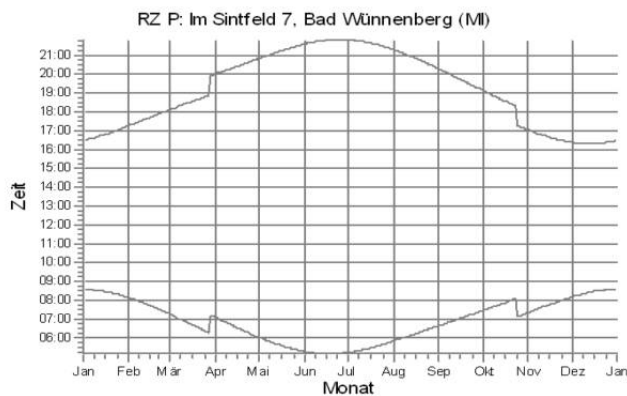
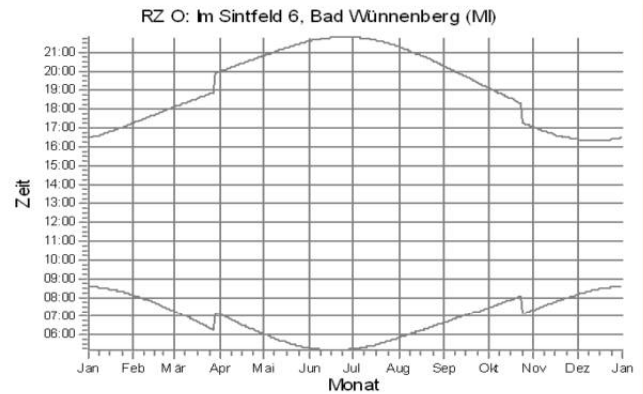
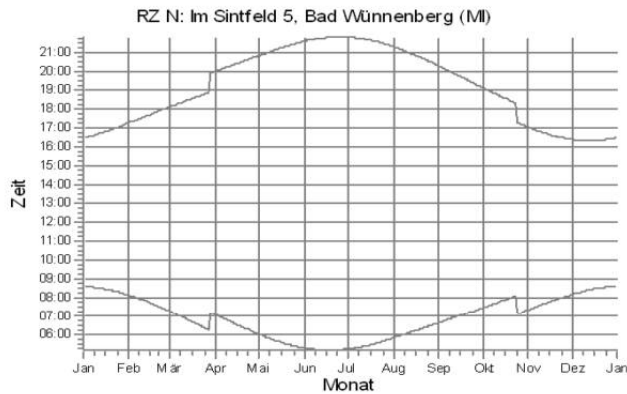
Projekt:
Schattenwurf Bad Wünnenb.-Hirschweg (6N)

Beschreibung:
Auftraggeber:
EFG Energie GmbH & Co. KG
An der Grotte 17
D-33181 Bad Wünnenberg
Bundesland des Projekts: Nordrhein-Westfalen

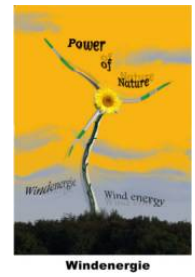
Lizenzierter Anwender:
Power of Nature - Windenergie
Aulendorf 40
DE-48727 Billerbeck
02543 9304674
Fürtges / joerg.fuertges@powernature.de
Berechnet:
27.03.2023 10:04/3.6.361

SHADOW - Grafischer Kalender

Berechnung: Zusatzbelastung (E-160 EP5 E3 R1 TES/5.560/166,6m NH)



WEA

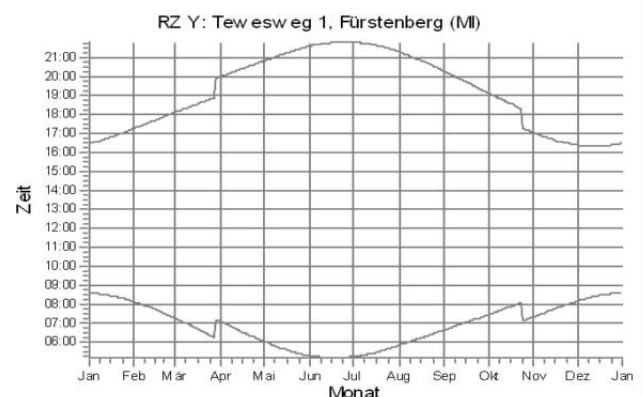
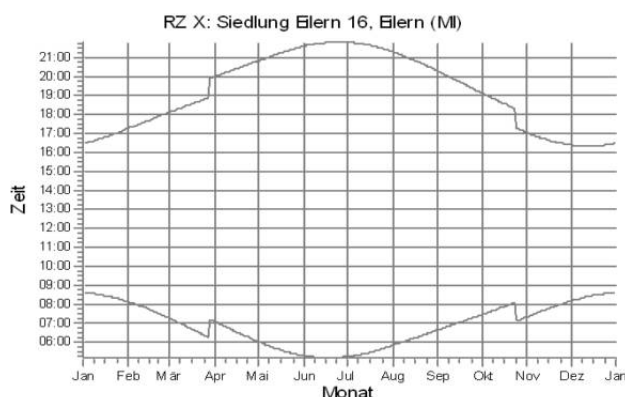
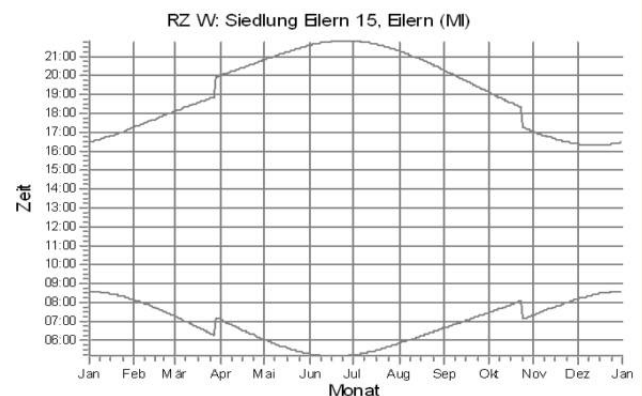
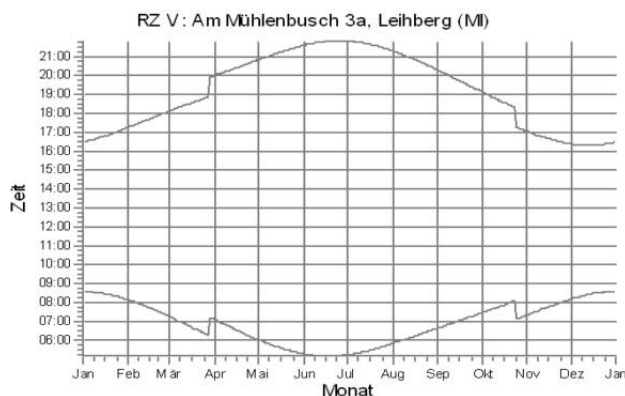
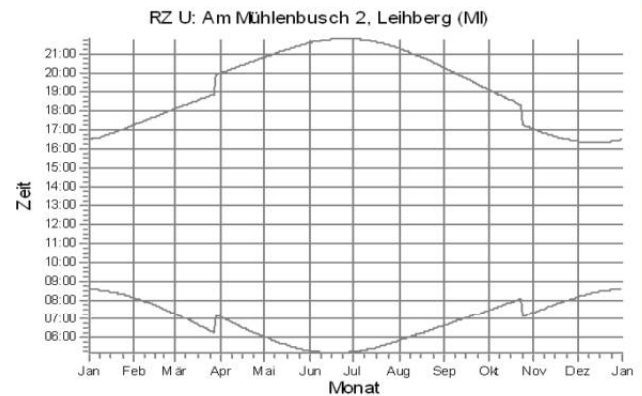
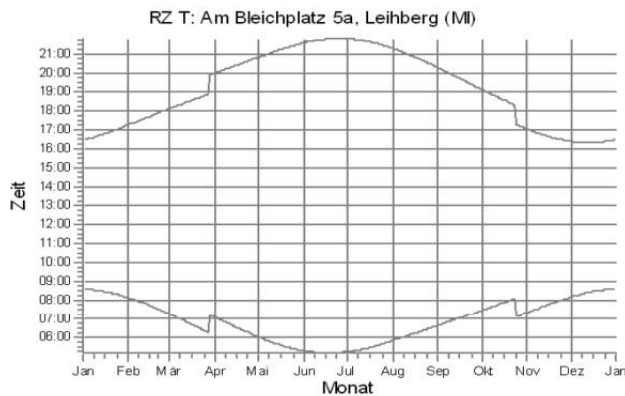


Schattenwurfanalyse Bad Wünnenberg-Hirschweg (WEA 6N) (Rev. 0) vom 27.03.2023

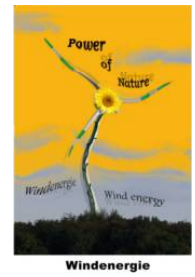
Projekt: Schattenwurf Bad Wünnenb.-Hirschweg (6N)	Beschreibung: Auftraggeber: EFG Energie GmbH & Co. KG An der Grotte 17 D-33181 Bad Wünnenberg Bundesland des Projekts: Nordrhein-Westfalen	Lizenziertes Anwender: Power of Nature - Windenergie Aulendorf 40 DE-48727 Billerbeck 02543 9304674 Fürtges / joerg.fuertges@powernature.de Berechnet: 27.03.2023 10:04/3.6.361
---	--	---

SHADOW - Grafischer Kalender

Berechnung: Zusatzbelastung (E-160 EP5 E3 R1 TES/5.560/166,6m NH)



WEA

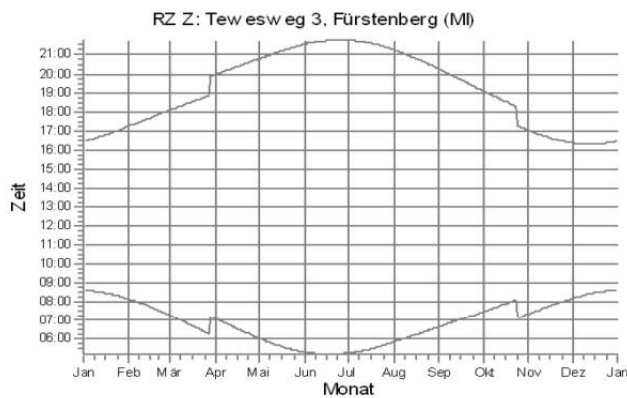


Schattenwurfanalyse Bad Wünnenberg-Hirschweg (WEA 6N) (Rev. 0) vom 27.03.2023

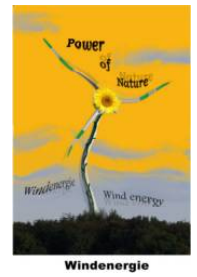
Projekt: Schattenwurf Bad Wünnenb.-Hirschweg (6N)	Beschreibung: Auftraggeber: EFG Energie GmbH & Co. KG An der Grotte 17 D-33181 Bad Wünnenberg Bundesland des Projekts: Nordrhein-Westfalen	Lizenziertes Anwender: Power of Nature - Windenergie Aulendorf 40 DE-48727 Billerbeck 02543 9304674 Fürtges / joerg.fuertges@powernature.de Berechnet: 27.03.2023 10:04/3.6.361
--	---	--

SHADOW - Grafischer Kalender

Berechnung: Zusatzbelastung (E-160 EP5 E3 R1 TES/5.560/166,6m NH)

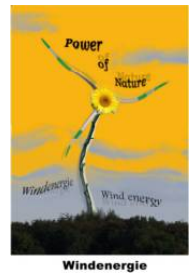


WEA



Schattenwurfanalyse Bad Wünnenberg-Hirschweg (WEA 6N) (Rev. 0) vom 27.03.2023

Anhang 2: Detail. Schattenwurfkalender Zusatzbelastung (11 Duplex-Seiten)



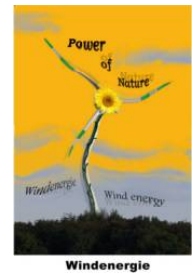
Anhang 3: Beschlüsse der 103. LAI – Sitzung (7 Duplex-Seiten)

**Beschlüsse der 103. LAI-Sitzung
vom 06.-08.05.2002
in Magdeburg**

- 1.4 Beurteilungsmaßstäbe zur Bewertung von Lichtreflexen und Schattenwurf
- in Verfolg des TOP A 3.3 der 94. Sitzung und des TOP A 1.2 der 95. Sitzung -
Berichterstatter: Vorsitzender des UA

Beschluss:

1. Der LAI nimmt die „Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen“ zustimmend zur Kenntnis und empfiehlt den Ländern, diese Hinweise anzuwenden.
2. Das Vorsitzland wird beauftragt, bei der ACK die Zustimmung zur Veröffentlichung einzuholen.



**Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von
Windenergieanlagen
(WEA-Schattenwurf-Hinweise)**

Stand: 13.03.2002

0. Vorbemerkung

Im Rahmen der zur Verfügung stehenden erschöpflichen Ressourcen hat die alternative/regenerative Energieerzeugung einen hohen Stellenwert, hier insbesondere die Nutzung der Windenergie. Moderne Windenergieanlagen (WEA) haben kaum noch etwas mit den "Windmühlen" früherer Generationen gemeinsam, werfen aber durch ihre Anzahl, Größe und Erscheinungsbilder bisher nicht gekannte Probleme aufgrund der Belästigungen durch Lärm und optische Effekte auf.

Hinsichtlich der Lärmeinwirkungen bestehen Regelungen, die insoweit betroffenen Nachbarn entsprechenden Schutz bieten. Für die Beurteilung der Einwirkung durch Lichtblitze und bewegten, periodischen Schattenwurf durch den Rotor einer WEA hat der Gesetzgeber bisher keine rechtsverbindlichen Vorschriften mit Grenz- oder Richtwerten erlassen oder in Aussicht gestellt.

Wissenschaftliche Untersuchungen belegen die Erfahrung, dass optische Immissionen insbesondere in Form periodischen Schattenwurfs zu erheblichen Belästigungswirkungen (Stressor) führen können. Unter Berücksichtigung dieser Untersuchungen und Anhörungen von Gutachtern sollen diese Hinweise eine einheitliche und praxisnahe Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen ermöglichen.

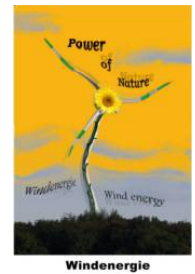
1. Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich und immissionsschutzrechtliche Grundsätze

Die Hinweise finden Anwendung bei der Beurteilung der optischen Wirkungen von WEA auf den Menschen. Sie umfassen sowohl den durch den WEA-Rotor verursachten periodischen Schattenwurf als auch die Lichtreflexe („Disco-Effekt“) und sind Immissionen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) [1]. Nicht als Immission gilt jedoch die sonstige Wirkung einer WEA aufgrund der Eigenart der Rotorbewegung, die ein zwanghaftes Anziehen der Aufmerksamkeit mit entsprechenden Irritationen bewirken kann.

Die Hinweise enthalten Beurteilungsmaßstäbe zur Konkretisierung der Anforderungen aus § 5 Abs. 1 Nrn. 1 und 2 und § 22 Abs. 1 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG).

Als Gegenstand von Anordnungen kommen technische Maßnahmen sowie zeitliche Beschränkungen des Betriebes der WEA in Betracht. Eine Stilllegung kommt nur in Betracht, wenn ihr Betrieb zu Gefahren für Leben, Gesundheit oder bedeutende Sachwerte führt. Für optische Immissionen bei WEA dürfte dieses in der Regel nicht gegeben sein.



1.2 Begriffsbestimmungen

Lichtblitze (Disco-Effekte) sind periodische Reflexionen des Sonnenlichtes an den Rotorblättern.

Sie sind abhängig vom Glanzgrad der Rotoroberfläche und vom Reflexionsvermögen der gewählten Farbe.

Kernschatten ist vom Immissionsort aus betrachtet die vollständige Verdeckung der Sonne durch das Rotorblatt.

Halbschatten ist vom Immissionsort aus betrachtet die nicht vollständige Verdeckung der Sonne durch das Rotorblatt.

Periodischer Schattenwurf ist die wiederkehrende Verschattung des direkten Sonnenlichtes durch die Rotorblätter einer Windenergieanlage. Der Schattenwurf ist dabei abhängig von den Wetterbedingungen, der Windrichtung, dem Sonnenstand und den Betriebszeiten der Anlage. Vom menschlichen Auge werden Helligkeitsunterschiede größer als 2,5 % wahrgenommen [3].

Beschattungsbereich ist die Fläche, in der periodischer Schattenwurf auftritt.

Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer (worst case) ist die Zeit, bei der die Sonne theoretisch während der gesamten Zeit zwischen Sonnenauf- und Sonnenuntergang durchgehend bei wolkenlosem Himmel scheint, die Rotorfläche senkrecht zur Sonneneinstrahlung steht und die Windenergieanlage in Betrieb ist.

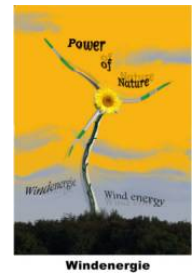
Tatsächliche Beschattungsdauer ist die vor Ort real ermittelte und aufsummierte Einwirkzeit an periodischem Schattenwurf. Beträgt die Bestrahlungsstärke der direkten Sonneneinstrahlung auf der zur Einfallrichtung normalen Ebene mehr als 120 W/m^2 , so ist Sonnenschein mit Schattenwurf anzunehmen. Die Umrechnung in die Beleuchtungsstärke ist im Anhang aufgeführt.

Meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer ist die Zeit, für die der Schattenwurf unter Berücksichtigung der üblichen Witterungsbedingungen berechnet wird. Als Grundlage dienen die langfristigen Messreihen des Deutschen Wetterdienstes (DWD).

Maßgebliche Immissionsorte sind

- a) schutzwürdige Räume, die als
 - Wohnräume, einschließlich Wohndielen
 - Schlafräume, einschließlich Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten und Bettenräume in Krankenhäusern und Sanatorien
 - Unterrichtsräume in Schulen, Hochschulen und ähnlichen Einrichtungen
 - Büroräume, Praxisräume, Arbeitsräume, Schulungsräume und ähnliche Arbeitsräume genutzt werden.

Direkt an Gebäuden beginnende Außenflächen (z. B. Terrassen und Balkone) sind schutzwürdigen Räumen tagsüber zwischen 6:00 - 22:00 Uhr gleichgestellt.



- b) unbebaute Flächen in einer Bezugshöhe von 2 m über Grund an dem am stärksten betroffenen Rand der Flächen, auf denen nach Bau- oder Planungsrecht Gebäude mit schutzwürdigen Räumen zulässig sind.

1.3 Grundlagen der Ermittlung und Bewertung von Immissionen durch periodischen Schattenwurf

Ziel ist die sichere Vermeidung erheblicher Belästigungen, die durch periodische Lichteinwirkungen (optische Immissionen) durch WEA entstehen können. Die Erheblichkeit einer Belästigung hängt nicht nur von deren Intensität ab, sondern auch wesentlich von der Nutzung des Gebietes, auf das sie einwirkt, von der Art der Einwirkungen sowie der Zeitdauer der Einwirkungen. Bei der Beurteilung sind **alle WEA im Umkreis** einzubeziehen, die auf den jeweiligen Immissionspunkt einwirken. Einwirkungen durch periodischen Schattenwurf können dann sicher ausgeschlossen werden, wenn alle in Frage kommenden Immissionsorte in der Anlagenumgebung außerhalb des möglichen Beschattungsbereiches der jeweiligen WEA liegen.

Der zu prüfende Bereich ergibt sich aus dem Abstand zur WEA, in welchem die Sonnenfläche gerade zu 20 % durch ein Rotorblatt verdeckt wird. Da die Blatattiefe nicht über den gesamten Flügel konstant ist, sondern zur Rotorblattspitze hin abnimmt, ist ersatzweise ein rechteckiges Rotorblatt mit einer mittleren Blatattiefe zu ermitteln und zugrunde zu legen:

(Mittlere Blatattiefe = $1/2$ (max. Blatattiefe + min. Blatattiefe bei $0,9 \cdot \text{Rotorradius}$)) [7].

Der Beschattungsbereich kann für eine einzelne Anlage konservativ der Abbildung im Anhang entnommen werden oder ansonsten im konkreten Einzelfall nachgewiesen werden. Darüber hinaus kann der Beschattungsbereich nach Freund [3] bestimmt werden.

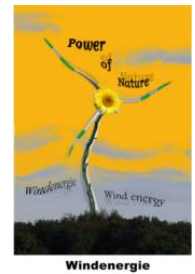
Soweit mehrere WEA zu Immissionsbeiträgen führen können, gelten die Ausführungen für jede Einzelanlage. Höhendifferenzen im Gelände zwischen Standort der WEA und dem Immissionsort (z. B. bei Aufstellung einer WEA auf einem Hügel) sind zu berücksichtigen.

Eine Differenzierung in Kern- oder Halbschatten ist für die Belästigung **nicht bedeutsam**.

Soweit sich zu berücksichtigende Immissionsorte innerhalb des Beschattungsbereiches von WEA befinden, muss mit zeitweilig auftretenden wiederkehrenden Belästigungswirkungen gerechnet werden.

Von Relevanz sind die an einem Immissionsort tatsächlich auftretenden bzw. wahrnehmbaren Immissionen, die nur bei bestimmten Wetterbedingungen auftreten können. Eine Einwirkung durch zu erwartenden periodischen Schattenwurf wird als nicht erheblich belästigend angesehen, wenn die **astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer** [8] [9] unter kumulativer Berücksichtigung aller WEA-Beiträge am jeweiligen Immissionsort in einer Bezugshöhe von 2 m über Erdboden nicht mehr als **30 Stunden pro Kalenderjahr und darüber hinaus nicht mehr als 30 Minuten pro Kalendertag** beträgt. Bei der Beurteilung des Belästigungsgrades wurde eine durchschnittlich empfindliche Person als Maßstab zugrunde gelegt.

Bei Überschreitung der Werte für die **astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer** kommen unter anderem technische Maßnahmen zur zeitlichen Beschränkung des Betriebes der WEA in Betracht. Eine wichtige technische Maßnahme stellt als Gegenstand von Auflagen und Anordnungen die Installation



einer Abschaltautomatik dar, die mittels Strahlungs- oder Beleuchtungsstärkesensoren die konkrete meteorologische Beschattungssituation erfasst und somit die vor Ort konkret vorhandene Beschattungsdauer begrenzt. Da der Wert von 30 Stunden pro Kalenderjahr auf Grundlage der astronomisch möglichen Beschattung entwickelt wurde, wird für Abschaltautomatiken ein entsprechender Wert für die tatsächliche, reale Schattendauer, die **meteorologische Beschattungsdauer** festgelegt. Dieser Wert liegt auf Grundlage von [2] bei 8 Stunden pro Kalenderjahr.

2. Vorhersage des periodischen Schattenwurfs

Aus Gründen der Vergleichbarkeit und Nachvollziehbarkeit ist bei der Erstellung von Immissionsprognosen von folgenden Vereinfachungen und Annahmen auszugehen: Die Sonne ist als punktförmige Quelle anzunehmen und scheint tagsüber an allen Tagen des Jahres. Es herrscht wolkenloser Himmel und für die Bewegung des Rotors ausreichender Wind (100 % Verfügbarkeit). Die Windrichtung entspricht dem Azimutwinkel der Sonne, die Rotorkreisfläche steht dann senkrecht zur Einfallrichtung der direkten Sonneneinstrahlung. Den Berechnungen wird geographisch Nord zugrunde gelegt. Abstände zwischen Rotorebene und Turmachse sind zu vernachlässigen. Die Lichtbrechung in der Atmosphäre (Refraktion) wird nicht berücksichtigt.

Der Schattenwurf für Sonnenstände unter 3° Erhöhung über Horizont kann wegen Bewuchs, Bebauung und der zu durchdringenden Atmosphärenschichten in ebenem Gelände vernachlässigt werden. Zur genaueren Ermittlung der astronomisch maximal möglichen Beschattungsdauer sollte von der effektiven Schatten werfenden Zone einer WEA ausgegangen werden. Diese Größe ergibt sich unter Einbeziehung der Strahlungsdiffusion in der Atmosphäre [12].

Für das Summieren der Jahresstunden ist das Kalenderjahr mit 365 Tagen und für das Summieren der täglichen Schattenzeiten der 24-Stunden-Tag zugrunde zu legen.

Dauerhafte natürliche und künstliche lichtundurchlässige Hindernisse, die den periodischen Schattenwurf von WEA begrenzen, können berücksichtigt werden.

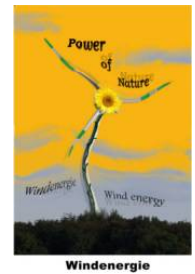
In der abschließenden Zusammenfassung ist die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer anzugeben.

3. Beurteilung

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

3.1 Immissionsrichtwerte für die jährliche Beschattungsdauer

Bei der Genehmigung von Windenergieanlagen ist sicherzustellen, dass der Immissionsrichtwert für die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer von



30 Stunden pro Kalenderjahr nicht überschritten wird. Bei Beschwerden hinsichtlich des Schattenwurfs durch bereits bestehende Anlagen ist die Einhaltung dieses Immissionsrichtwertes zu überprüfen.

Bei Überschreitungen ist durch geeignete Maßnahmen (siehe 4.1) die Einhaltung der Immissionsschutzanforderungen dieser Hinweise zu gewährleisten. Bei Einsatz einer Abschaltautomatik, die keine meteorologischen Parameter berücksichtigt, ist durch diese auf die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer von 30 Stunden pro Kalenderjahr zu begrenzen. Wird eine Abschaltautomatik eingesetzt, die meteorologische Parameter berücksichtigt (z. B. Intensität des Sonnenlichtes), ist auf die tatsächliche Beschattungsdauer von 8 Stunden zu begrenzen.

3.2 Immissionsrichtwert für die tägliche Beschattungsdauer

Der Immissionsrichtwert für die tägliche Beschattungsdauer beträgt **30 Minuten**.

In der Laborstudie der Universität Kiel [9] wurde festgestellt, dass bereits eine einmalige Einwirkung des Schattenwurfs von 60 Minuten zu Stressreaktionen führen kann. Aus Vorsorgegründen wird daher die tägliche Beschattungsdauer auf **30 Minuten** begrenzt.

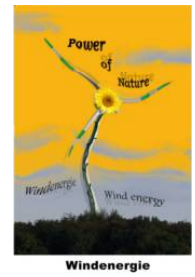
Dieser Wert gilt bei geplanten Anlagen für die **astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer**, bei bestehenden Anlagen für die tatsächliche Schattendauer. Bei Überschreitung dieses Richtwertes an mindestens drei Tagen ist durch geeignete Maßnahmen die Begrenzung der täglichen Beschattungsdauer auf 30 Minuten zu gewährleisten.

4. Auflagen und Minderungsmaßnahmen

4.1 Schattenwurf

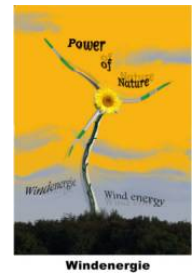
Bei der Wahl von WEA-Standorten bestimmt sich das Maß der Vorsorgepflicht hinsichtlich der erreichbaren Immissionsminderung gegen Beschattung an maßgeblichen Immissionsorten einzelfallbezogen unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit und den Anforderungen der Landes-/Bauleitplanung. Überschreitet eine WEA die zulässigen Immissionsrichtwerte gemäß 3, so ist eine Immissionsminderung durchzuführen, die die überprüfbare Einhaltung der Immissionsrichtwerte zum Ziel hat. Diese Minderung erfolgt durch die gezielte Anlagenabschaltung für Zeiten real auftretenden oder astronomisch möglichen Schattenwurfs an den betreffenden Immissionsorten. Bei der Festlegung der genauen Abschaltzeiten ist die räumliche Ausdehnung am Immissionsort (z. B. Fenster- oder Balkonfläche) zu berücksichtigen. Bei Innenräumen ist die Bezugshöhe die Fenstermitte. Bei Außenflächen beträgt die Bezugshöhe 2 m über Boden.

Die ermittelten Daten zur Sonnenscheindauer und Abschaltzeit sollen von der Steuereinheit über mindestens ein Jahr dokumentiert werden; entsprechende Protokolle sollen auf Verlangen von der zuständigen Behörde einsehbar sein. Im Falle mehrerer beitragender WEA ist eine Aufteilung der Immissionsbeiträge für den jeweiligen Immissionsort möglich.



4.2 Lichtblitze

Störenden Lichtblitzen soll durch Verwendung mittelreflektierender Farben, z. B. RAL 7035-HR [6], und matter Glanzgrade gemäß DIN 67530/ISO 2813-1978 [5] bei der Rotorbeschichtung vorgebeugt werden. Hierdurch werden die Intensität möglicher Lichtreflexe und verursachte Belästigungswirkungen (Disco-Effekt) minimiert. Lichtblitze aufgrund von Nässe oder Vereisung werden nicht berücksichtigt.



Anhang

Berechnungsverfahren

Der Nachweis, dass eine bestimmte WEA keine schädlichen Umwelteinwirkungen durch periodischen Schattenwurf verursacht, stützt sich im Rahmen von Planungsvorhaben und Anlagenüberwachung auf eine Schattenwurfprognose. Dies gilt ebenso für die Ermittlung ggf. erforderlicher Abschaltzeiten von WEA.

Eine Schattenwurfprognose gründet sich auf einem Algorithmus zur Berechnung des standort-, tages- und uhrzeitabhängigen Sonnenstandes. Zur Gewährleistung einer einheitlichen Durchführung und vereinfachter Überprüfbarkeit wird der Bezug auf die normierten und allgemein zugänglichen Berechnungsmodelle [10] bzw. [11] empfohlen.

Die Grundgenauigkeit der in eine Prognose eingehenden geometrischen Parameter sollte $\pm 3 \dots 10$ m betragen. Die Bestimmung der Schattenwurfzeiten soll an einer Genauigkeit von 1 min pro Tag orientiert sein. Absolute Zeitangaben sollen in MEZ bzw. MESZ erfolgen.

Die möglichen Beschattungszeiten an allen relevanten Immissionsorten sollen in der Schattenwurfprognose tageweise mit Anfangs-, Endzeitpunkt und Beschattungsdauer ausgewiesen sein; im Falle mehrerer WEA sollen die Beiträge der Anlagen einzeln und tageweise aufsummiert entnehmbar sein. Pro Immissionsort ist die aufsummierte Jahresbeschattungsdauer anzugeben.

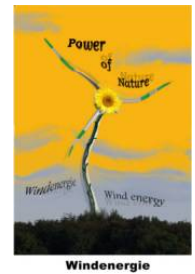
Bestandteil einer Schattenwurfprognose sind weiterhin Auszüge aus topografischen Karten, die Anlagenstandorte und Immissionsorte unter Angabe ihrer Gauß-Krüger-Koordinaten mit Höhenangaben wiedergeben. Als Ergebnis können auch berechnete Iso-Schattenlinien (Kurven gleicher Jahresbeschattungsdauer - insbesondere 30 h Iso-Schattenlinie - in der Anlagenumgebung) ausgewiesen werden.

Software

Aufgrund des relativ großen Berechnungsaufwandes und der guten Berechnungsmöglichkeiten mit Hilfe von Computerprogrammen empfiehlt sich der Einsatz geeigneter Software. Hierzu kann auf kommerzielle Programme zurückgegriffen werden.

Eine Prognose mit Hilfe geeigneter Tabellendaten ist ebenfalls möglich.

Verwendete Arbeitshilfen sollen die Anforderungen dieser Hinweise, z. B. bzgl. der Berechnungsverfahren, berücksichtigen.



Arbeitshilfen

Tatsächliche Beschattungsdauer: Sonnenstand und Beleuchtungsstärke

Die resultierende Beleuchtungsstärke E [lx] in einer horizontalen Messfläche hängt vom Einfallswinkel (Sonnenstand) $[\circ]$ sowie dem fotometrischen Strahlungsäquivalent $[lx/Wm^{-2}]$ ab, das von der Lichtbrechung (Refraktion) und der Lufttrübung bestimmt wird und ebenfalls vom Sonnenstand abhängt.

Vom deutschen Wetterdienst werden folgende Eckdaten für die Beleuchtungsstärke angenommen:

Sonnenstand [\circ]	Beleuchtungsstärke [lx]	Strahlungsäquivalent [lx/Wm $^{-2}$]
3	389	62
60	10.912	105

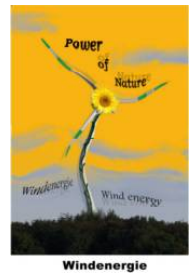
In erster Näherung ergeben sich daraus folgende Beleuchtungsstärken in Abhängigkeit vom Sonnenstand:

Sonnenstand [\circ]	Beleuchtungsstärke [lx]
3	389
5	664
10	1402
15	2207
20	3071
25	3986
30	4942
35	5929
40	6935
45	7949
50	8959
55	9951
60	10912

Für das Addieren der Jahresstunden ist das Kalenderjahr mit 365 Tagen und für das Addieren der täglichen Schattenzeiten der 24-Stunden-Tag zugrunde zu legen.

Sonnenauf- und -untergangszeiten [h:min; h:min]

	Berlin	Essen	Hannover	Karlsruhe	München	Schleswig	Schwerin
1. Jan	8:17;16:03	8:37;16:34	8:32;16:18	8:21;16:40	8:04;16:31	8:44;16:07	8:32;16:05
1. Apr	5:41;18:41	6:08;19:07	5:56;18:56	6:04;18:59	5:52;18:44	5:54;18:58	5:48;18:50
1. Jul	3:48;20:32	4:20;20:52	4:03;20:47	4:26;20:34	4:18;20:17	3:51;21:00	3:49;20:47



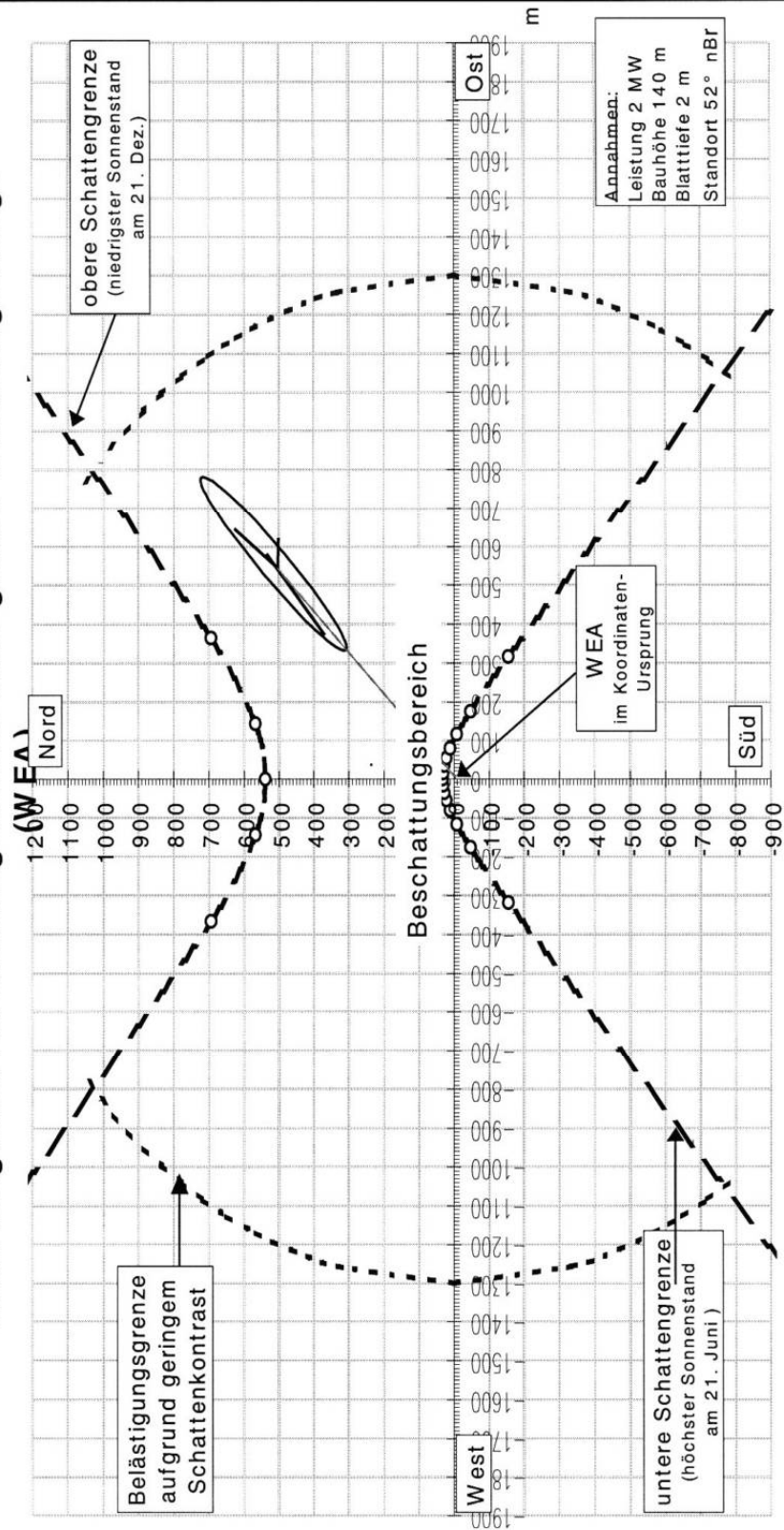
Schattenwurfanalyse Bad Wünnenberg-Hirschweg (WEA 6N) (Rev. 0) vom 27.03.2023

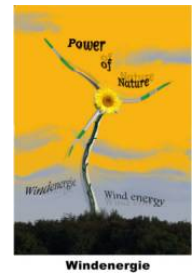
9

1. Okt	6:07;17:44	6:33;18:10	6:22;17:59	6:26;18:06	6:13;17:53	6:24;17:58	6:16;17:51
--------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

Quelle: DWD/BSH2001

Abb.: Möglicher Beschattungsbereich einer großen Windenergieanlage





Beschattungsdauer im Umfeld einer Windenergieanlage – Musterdaten

Koordinaten des Bezugsstandortes der WEA in ebenem Gelände:
 Geographisch: 52° 00′ 00″N 10° 00′ 00″E (Mitte Deutschlands)
 Gauß-Krüger (Bessel): 2 637 333 | 5 764 640
 Bezugshöhe 2 m über Grund; horizontaler Rezeptor 0,1 x 0,1 m²

Lfd Nr.	Nabenhöhe [m]	Rotor-durchmesser [m]	Azimut von Nord über Ost [°]	Entfernung WEA-Immissionsort [m]	Stunden/Jahr	Tage/Jahr	Minuten/Tag
1	60	40	0°	150	90	124	60
2			40°	300	25	62	32
3			120°	450	15	49	22
4	90	60	0°	250	83	111	56
5			40°	400	28	61	36
6			120°	650	14	46	22
7	100	80	0°	300	98	108	62
8			40°	500	37	76	38
9			120°	750	20	54	26

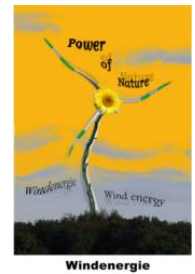
Aufgrund der Symmetrie des Beschattungsbereiches, korrespondierend mit dem tagesbezogenen (scheinbaren) Sonnenlauf, sind für spiegelbildlich zur Nord-Süd-Achse gelegene Immissionspunkte gleichartige Immissionen zu erwarten. Bei Überlagerung der Immissionen durch mehrere WEA beträgt die Gesamt-Beschattungsdauer an einem Immissionsort maximal gleich die Summe der Beschattungsdauern durch die einzelnen immissionsbeitragenden WEA.

Literatur:

- [1.] BlmSchG
 Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BlmSchG) vom 15. März 1974 (BGBl. I, S. 721, 1193) in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. Mai 1990 (BGBl. I S. 880), zuletzt geändert am 27. Juli 2001 (BGBl. I S. 1950, 1973)

- [2.] H.D. Freund
 Effektive Einwirkzeit T_w des Schattenwurfs bei $T_{max} = 30$ h/Jahr, Ausarbeitung
 Institut für Physik und Allgemeine Elektrotechnik, Fachhochschule Kiel, (24.01.2001)

- [3.] H.D. Freund
 Die Reichweite des Schattenwurfs von Windkraftanlagen
 Umweltforschungsbank UFORDAT (Juni 1999)



- [4.] K. Bohne, D. Michelbrand
Der Schattenwurf von Windkraftanlagen
Diplomarbeit FH Kiel (April 2000)
- [5.] DIN 67530/ISO 2813-
Reflektometer als Hilfsmittel zur Glanzbeurteilung an ebenen Anstrich- und
Kunststoff-Oberflächen
Deutsches Institut für Normung e. V. Berlin (1978)
- [6.] RAL 7035-HR - Farbbregister
Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung
Bonn und St. Augustin (1998)
- [7.] Staatliches Umweltamt Schleswig
Ergebnisprotokoll des 3. Fachgesprächs vom 19.11.1999 über
Umwelteinwirkungen von Windenergieanlagen, Schleswig (1999)
- [8.] J. Pohl, F. Faul, R. Mausfeld, Belästigung durch periodischen Schattenwurf
von Windenergieanlagen,
Feldstudie, Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität zu
Kiel, 31.07.1999
- [9.] J. Pohl, F. Faul, R. Mausfeld, Belästigung durch periodischen Schattenwurf
von Windenergieanlagen, Laborpilotstudie, Institut für Psychologie der
Christian-Albrechts-Universität, Kiel, 15.05.2000
- [10.] DIN 5034-2: Tageslicht in Innenräumen - Grundlagen, Beuth-Verlag
Berlin 1985
- [11.] VDI 3789 Blatt2 -10 /94: Umweltmeteorologie - Wechselwirkungen zwischen
Atmosphäre und Oberflächen, Berechnung der kurz- und langwelligen
Strahlung, VDI , Düsseldorf 1994
- [12.] H.D. Freund, Einflüsse der Lufttrübung, der Sonnenausdehnung und der
Flügelform auf den Schattenwurf von Windenergieanlagen,
Forschungsbericht zur Umwelttechnik, Fachhochschule Kiel, Januar 2002