

Schattenwurfgutachten für die Windenergieanlagen am Standort „Grüntal“

Neuerrichtung von 5 Windenergieanlagen
(Anlagentyp: Enercon E-138 EP3 – 3,5 MW, Nabenhöhe: 160 m)

Standort

Sydower Fließ – Grüntal (Brandenburg)

im Auftrag der

NWind GmbH

Haltenhoffstr. 50 A

D-30167 Hannover

Bearbeitung:

MeteoServ - Ingenieurbüro für Meteorologische Dienstleistungen GbR

Spessartring 7, D-61194 Niddatal

Tel.: 06034-9023010, Fax: 06034-9023013, Email: info@meteoserv.de

Das vorliegende Schattenwurfgutachten für den geplanten Windenergieanlagenstandort „Grüntal“ wurde im Auftrag der NWind GmbH erstellt. Die vorgenommenen Berechnungen und Bewertungen der Schattenwurfimmissionen in der schutzbedürftigen Umgebung der geplanten Windenergieanlagen basieren auf den Empfehlungen des Länderausschuss Immissionen LAI („Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen - WEA-Schattenwurf-Hinweise“ /1/) unter Berücksichtigung der WEA-Schattenwurfleitlinie des Landes Brandenburg /16/. Die in der Bearbeitung verwendeten Daten und Unterlagen zum Anlagenkonzept sowie zur Anlagengeometrie wurden uns vom Auftraggeber bzw. Anlagenhersteller zur Verfügung gestellt.

Seitens der Gutachter werden keine Garantien bzw. Gewährleistungen für die Einhaltung der Prognoseergebnisse übernommen. Ein Haftungsanspruch für Irrtümer oder Abweichungen ist ausgeschlossen.

Niddatal, den 14.05.2018



Dipl.-Met. Stefan Schaaf
(Geschäftsführer)

Zusammenfassung und Bewertung

In der vorliegenden Untersuchung wurden die zu erwartenden Schattenwurfimmissionen in der Umgebung der geplanten Windenergieanlagen am Standort „Grüntal“ (Gemeinde Sydower Fließ, Brandenburg) bestimmt. Bei dem dortigen Bauvorhaben handelt es sich um die geplante Errichtung von 5 Windenergieanlagen (WEA 1-5) vom Typ Enercon E-138 EP3 – 3,5 MW (Nabenhöhe: 160 m). Alle Berechnungen und Bewertungen wurden auf Grundlage der Empfehlungen des Länderausschuss Immissionen (LAI) /1/ unter Berücksichtigung der WEA-Schattenwurfleitlinie des Landes Brandenburg /16/ durchgeführt. Die Prognoseergebnisse zeigen, dass alle umliegenden Gemeinden mit Ausnahme des nordöstlichen Ortsrandes von Grüntal sich außerhalb des Beschattungsbereichs der geplanten Windenergieanlagen befinden. Für das worst case-Szenario (astronomisch max. mögliche Schattenwurfdauer) und auch im meteorologisch wahrscheinlichen Fall wird an einer schutzwürdigen Bebauung im Außenbereich von Grüntal (IO F: Schönholzer Straße 5) der Richtwert für die jährliche bzw. tägliche Beschattungsdauer (worst case: 30 h/a / 30 min/d bzw. real case: 8 h/a) überschritten, während für alle weiteren maßgeblichen Immissionsorte die Richtwerte eingehalten bzw. unterschritten werden können. Um die Sicherstellung der Einhaltung des Richtwertes auch für den vorgenannten Immissionsort IO F zu gewährleisten, ist eine Installation von Abschaltmodulen zu empfehlen, wobei die Windenergieanlagen WEA 1 und WEA 2 aufgrund ihrer Positionen sich als nicht schattenwurfrelevant darstellen. Eine Auflage hinsichtlich der Installation von Abschaltmodulen kann daher auf die Anlagen WEA 3-5 beschränkt werden. Der Gutachter hat hierzu dem Auftraggeber ergänzend zum vorliegenden Gutachten die berechneten anlagen- und immissionsortspezifischen Schattenwurfzeiten über das Gesamtjahr in Form zweier separater Berichte (Schattenwurfkalender) zur Verfügung gestellt.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung und Bewertung	2
Inhaltsverzeichnis	3
1 Sachverhalt und Gegenstand des Gutachtens	4
2 Beurteilungs- und Bewertungsgrundlagen	5
2.1 Allgemeine Grundlagen und Berechnungsmethode	5
2.2 Kartenmaterial und Planungsunterlagen	7
2.3 Technische Daten der Windenergieanlagen	7
2.4 Sonstige Beurteilungsgrundlagen	8
3 Projektstandort und Umgebungsbedingungen	9
3.1 Projektstandort	9
3.2 Immissionsorte	10
4 Ergebnisse	13
4.1 Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer	13
4.2 Meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer	14
5 Literaturverzeichnis	15
Anhang	17

1 Sachverhalt und Gegenstand des Gutachtens

Die NWind GmbH plant auf den Flächen der Gemeinde Sydower Fließ in der Gemarkung Grüntal (Lageplan u. Koordinaten s. Anhang u. Kapitel 3.1) die Errichtung von 5 Windenergieanlagen (WEA 1-5) vom Typ Enercon E-138 EP3 – 3,5 MW (Nabenhöhe: 160 m).

Das in Auftrag gegebene Gutachten dient der Prognose des periodischen Schattenwurfs in der schutzbedürftigen Umgebung der Windenergieanlagen.

Die Berechnung und Beurteilung der Schattenwurfimmissionen wurde auf Grundlage der Empfehlungen des Länderausschuss Immissionen (LAI) /1/ unter Berücksichtigung der WEA-Schattenwurfleitlinie des Landes Brandenburg /16/ durchgeführt. Dabei wurde zum einen die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer (worst case, LAI-Richtwert Schattenwurfdauer: 30 h/a bzw. 30 min/d) und zum anderen anhand klimatologischer Daten (Wind- und Strahlungsverhältnisse, s. Kapitel 2.1) die meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer (real case, LAI-Richtwert Schattenwurfdauer: 8 h/a) für die Standortumgebung bestimmt. Topografische Effekte bzw. Höhenunterschiede zwischen den Windenergieanlagen und den Immissionsorten wurden über ein digitales Geländemodell (Shuttle Radar Topography Mission, SRTM) /2/ erfasst.

2 Beurteilungs- und Bewertungsgrundlagen

2.1 Allgemeine Grundlagen und Berechnungsmethode

Der durch den umlaufenden Rotor einer Windenergieanlage verursachte periodische Schattenwurf ist im Sinne des Bundesimmissionsschutzgesetz /3/ ein umweltbelastender Eintrag (Immission). Als Kernschatten bezeichnet man die vollständige Verdeckung der Sonne durch das Rotorblatt, während die unvollständige Abdeckung als Halbschatten bezeichnet wird. Je nach Drehzahl des Rotorblattes werden bei Sonnenschein Helligkeits- bzw. Lichtwechsel mit einer Frequenz zwischen 0,4 Hz und 3 Hz ausgelöst, die vom Menschen allgemein als störend empfunden werden. Einwirkungen durch periodischen Schattenwurf auf Immissionsorte können nur dann sicher ausgeschlossen werden, wenn diese außerhalb des möglichen Beschattungsbereichs der jeweiligen Anlage liegen. Soweit sich zu berücksichtigende Immissionsorte innerhalb des Beschattungsbereiches der Windenergieanlagen befinden, muss mit zeitweilig auftretenden und wiederkehrenden Belästigungen gerechnet werden.

Die Grundlage zur Prognose bzw. Berechnung des von einer Windenergieanlage ausgehenden Schattenwurfs bildet der Sonnenstand, der den Einstrahlungswinkel des Sonnenlichts zur Erdoberfläche angibt. Er ist standort- und tageszeitabhängig sowie über das Jahr veränderlich. Für die vorliegende Prognose wurde der Sonnenstand nach allgemein zugängigen Methoden, wie u. a. in /4/, /5/ und /6/ beschrieben, berechnet. Die Dauer und der geometrische Verlauf des Schattenwurfs wurde für ein Raster mit einer räumlichen Auflösung von 10 m x 10 m in einem Umkreis von 5 km um die jeweiligen Standorte für das Gesamtjahr berechnet (Simulationssoftware WindPRO – Modul Shadow /13/, Ergebnisse s. Kapitel 4). Hierzu wurden neben den geografischen Positionen und der geometrischen Daten (Nabenhöhe, Rotordurchmesser, Blatttiefe) der Windenergieanlagen, die orografischen Verhältnisse in der weiträumigen Umgebung des Standortes berücksichtigt. Entsprechend des LAI /1/ wurde aufgrund des Bewuchses und der Bebauung sowie der zu durchdringenden Atmosphärenschichten potentieller

Schattenwurf für Sonnenstände unter 3° Erhöhung über Horizont vernachlässigt. Für das Rotorblatt, das mindestens 20 % der Sonnenfläche verdecken muss, wurde eine rechteckige Geometrie mit einer mittleren Blatttiefe¹ angenommen. Falls die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer (worst case) am jeweiligen Immissionsort (in einer Bezugshöhe von 2 m über Grund) nicht mehr als 30 Stunden pro Kalenderjahr (30 h/a) und darüber hinaus nicht mehr als 30 Minuten pro Kalendertag (30 min/d) beträgt, kann eine Einwirkung durch den zu erwartenden periodischen Schattenwurf als nicht erheblich belästigend angesehen werden (/7/, /8/). Zur Prognose des „worst case“ wurde kontinuierlicher Sonnenschein bei wolkenlosem Himmel und senkrechte Sonneneinstrahlung in Bezug zur Rotorfläche sowie Dauerbetrieb der Anlage angenommen. Von Relevanz sind die an einem Immissionsort tatsächlich auftretenden bzw. wahrnehmbaren Immissionen, die nur bei bestimmten Wetterbedingungen auftreten können (meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer – „real case“). Bei der meteorologisch wahrscheinlichen Beschattungsdauer (real case) sind aufgrund des Windklimas und der Sonnenscheinhäufigkeit des Standortes deutlich geringere Schattenwurfzeiträume als im o. g. „worst case“ zu erwarten. Ein entsprechend niedrigerer Richtwert von 8 Stunden pro Kalenderjahr (8 h/a) ist hier nach /9/ anzusetzen. Zur Prognose der meteorologisch wahrscheinlichen Beschattungsdauer (real case) wurden die Witterungsverhältnisse am Standort durch langfristige Klimazeitreihen (hier: Windstatistik der standortnahen DWD-Wetterstation „Angermünde“ /10/ sowie die Sonnenscheindauer/-wahrscheinlichkeit nach Angaben der Meteororm-Datenbank /11/) berücksichtigt. Topografische Effekte, wie Höhendifferenzen im Gelände zwischen den Windenergieanlagenstandorten und den Immissionsorten wurden unter Verwendung eines digitalen Geländemodells (Shuttle Radar Topography Mission, SRTM) /2/ erfasst.

¹ Mittlere Blatttiefe = $\frac{1}{2}$ (max. Blatttiefe + min. Blatttiefe bei $0,9 \cdot$ Rotorradius)

2.2 Kartenmaterial und Planungsunterlagen

Als Kartenmaterial wurden verwendet:

- Lageplan (s. Anhang)
- Standortkoordinaten der geplanten Windenergieanlagen nach Angaben des Planers (s. Kapitel 3.1)
- topografische Karte des Landesvermessungsamt Brandenburg Berlin /12/ und OpenTopoMap /15/
- digitales Geländemodell (Shuttle Radar Topography Mission, SRTM) /2/

2.3 Technische Daten der Windenergieanlagen

Bei den seitens des Auftraggebers geplanten Windenergieanlagen (Zusatzbelastung: WEA 1-5) handelt es sich um den Anlagentyp Enercon E-138 EP3 – 3,5 MW (Nabenhöhe: 160 m). Zur Abklärung einer schattenwurfrelevanten Vorbelastung durch Windenergieanlagen in der Standortumgebung wurden die entsprechenden Bestandes- bzw. Genehmigungslisten bei den zuständigen Genehmigungsbehörden (LfU Brandenburg – Referat T22 u. T23) für einen definierten Umkreis von bis zu ca. 6 km um den Projektstandort angefordert. Hiernach befinden sich die nächstgelegenen genehmigten bzw. bestehenden Windenergieanlagen mehr als ca. 4,5 km von den nächstgelegenen maßgeblichen Immissionsorten (IO E-G) entfernt, wobei als maßgebliche Immissionsorte ausschließlich Immissionsorte zu verstehen sind, die sich im Einwirkungs- bzw. Beschattungsbereich der geplanten Windenergieanlagen befinden (s. Kapitel 3.2). Vor dem Hintergrund der sehr großen Entfernungen und der maximal zu erwartenden Schattenwurfreichweiten von großen Windenergieanlagen (< 2 km, vgl. WEA-Schattenwurf-Hinweise /1/ u. WEA-Schattenwurfleitlinie des Landes Brandenburg /16/) kann daher im vorliegenden Fall eine schattenwurfrelevante Vorbelastung an den maßgeblichen Immissionsorten ausgeschlossen werden. Die Zusatzbelastung entspricht somit auch der Gesamtbelastung an Schattenwurf. Tabelle 1 gibt eine Zusammenstellung der technischen Daten der geplanten Windenergieanlagen am Standort „Grüntal“.

Tabelle 1: Technische Daten der geplanten Windenergieanlagen (WEA 1-5).

Typenbezeichnung	Enercon E-138 EP3 – 3,5 MW (WEA 1-5)
Rotordurchmesser (m)	138,6
Rotoranzahl	3
Solldrehzahl (Umdreh./min)	10,8
Rotorblatt-Zusatzkomponente	TES (Sägezahnhinterkante)
Max. Rotorblatttiefe (m)	3,97
Blatttiefe 90 %-Rotorradius (m)	0,97
Nennleistung (MW)	3,5
Betriebsmodus tags / nachts	Modus 0 s / II s
Nabenhöhe (m)	160
Leistungsregelung	Pitch
Einschaltgeschwindigkeit (m/s)	2
Abschaltgeschwindigkeit (m/s)	25

2.4 Sonstige Beurteilungsgrundlagen

Zur Vervollständigung der Beurteilungsgrundlagen wurde seitens des Gutachters eine Standortbesichtigung am 07.05.2018 vorgenommen (Projektstandort u. Immissionsorte s. Kapitel 4 u. Anhang).

3 Projektstandort und Umgebungsbedingungen

3.1 Projektstandort

Im Rahmen der Prognose der Schattenwurfimmissionen wurde eine Standortbesichtigung am 07.05.2018 vorgenommen. Die örtlichen Gegebenheiten des Projektstandortes (s. Abbildung 1) und der Immissionsorte wurden durch Fotodokumentation, geografische Positionen mittels GPS erfasst.



Abbildung 1: Projekt-Standort „Grüntal“ (angrenzendes Waldgebiet im Hintergrund) bei einer durchgeführten Besichtigung am 07.05.2018. Fotostandort²: ca. 560 m südwestlich der geplanten Anlage WEA 4.

Der Standort der geplanten Windenergieanlagen befindet sich

- im Land Brandenburg,
- im Landkreis Barnim,
- auf den Flächen der Gemeinde Sydower Fließ,
- Gemarkung Grüntal.

Die geografischen Positionen der geplanten Windenergieanlagen gehen aus den Koordinaten der Tabelle 2 hervor (vgl. Lageplan im Anhang).

² Fotostandort (UTM 33, ETRS89): Rechtswert = 415.514, Hochwert = 5.845.041.

Tabelle 2: UTM-Koordinaten (Zone: 33, Datum: ETRS89) der geplanten Windenergieanlagen WEA 1-5.

Bezeichnung	Typ	Nabenhöhe	Rechtswert	Hochwert	Höhe ü. NN
WEA 1	Enercon E-138 – 3,5 MW	160 m	415.312	5.846.766	65 m
WEA 2	Enercon E-138 – 3,5 MW	160 m	415.333	5.846.199	67 m
WEA 3	Enercon E-138 – 3,5 MW	160 m	415.833	5.845.974	70 m
WEA 4	Enercon E-138 – 3,5 MW	160 m	415.718	5.845.576	70 m
WEA 5	Enercon E-138 – 3,5 MW	160 m	416.114	5.845.455	70 m

Geografisch ist die in einem ausgedehnten Waldgebiet befindliche Standortfläche mit einer Höhe von ca. 65-70 m über NN dem nördlichen Bereich des Barnim zuzuordnen. Das Gelände in der unmittelbaren und weitläufigen Umgebung ist von ebenem Charakter mit einfacher Strukturierung. Die Besiedlungsstruktur in der weiträumigen Umgebung ist durch kleinere Ortsteile der Gemeinden Sydower Fließ (Grüntal), Melchow (Melchow u. Schönholz), Breydin (Tuchen-Klobbicke) und Heckelberg-Brunow (Gratze) gekennzeichnet, wobei sich ausschließlich der Ortsteil Grüntal (nordöstlicher Randbereich) im Einwirkungs- bzw. Beschattungsbereich der geplanten Windenergieanlagen befindet (schutzbedürftige Bebauungen bzw. Immissionsorte, s. Kapitel 3.2).

3.2 Immissionsorte

Maßgebliche Immissionsorte müssen sich innerhalb des Beschattungsbereichs der geplanten Windenergieanlagen befinden. Entsprechend des LAI /1/ handelt es sich dabei insbesondere um folgende schutzwürdigen Räume:

- 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
- 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.

Direkt an Gebäuden beginnende Außenflächen (z. B. Terrassen und Balkone) sind schutzwürdigen Räumen tagsüber zwischen 6.00 – 22.00 Uhr gleichgestellt. Die in der Untersuchung angesetzten Immissionsorte (IO A-O) wurden von der zuständigen Genehmigungsbehörde (LfU Brandenburg – Referat T22) vorgegeben, wobei festgestellt werden konnte, dass ausschließlich die Immissionsorte IO E-G (Ortsteil Grüntal) sich innerhalb des Beschattungsbereichs der geplanten Windenergieanlagen befinden und damit als maßgebliche Immissionsorte zu bezeichnen sind (s. Schattenwurfkarte „Zusatz-/Gesamtbelastung - worst case“ im Anhang). Die Immissionsorte IO A-D und H-O sind für die vorliegende Untersuchung nicht maßgeblich bzw. schattenwurfrelevant und können daher prinzipiell vernachlässigt werden.

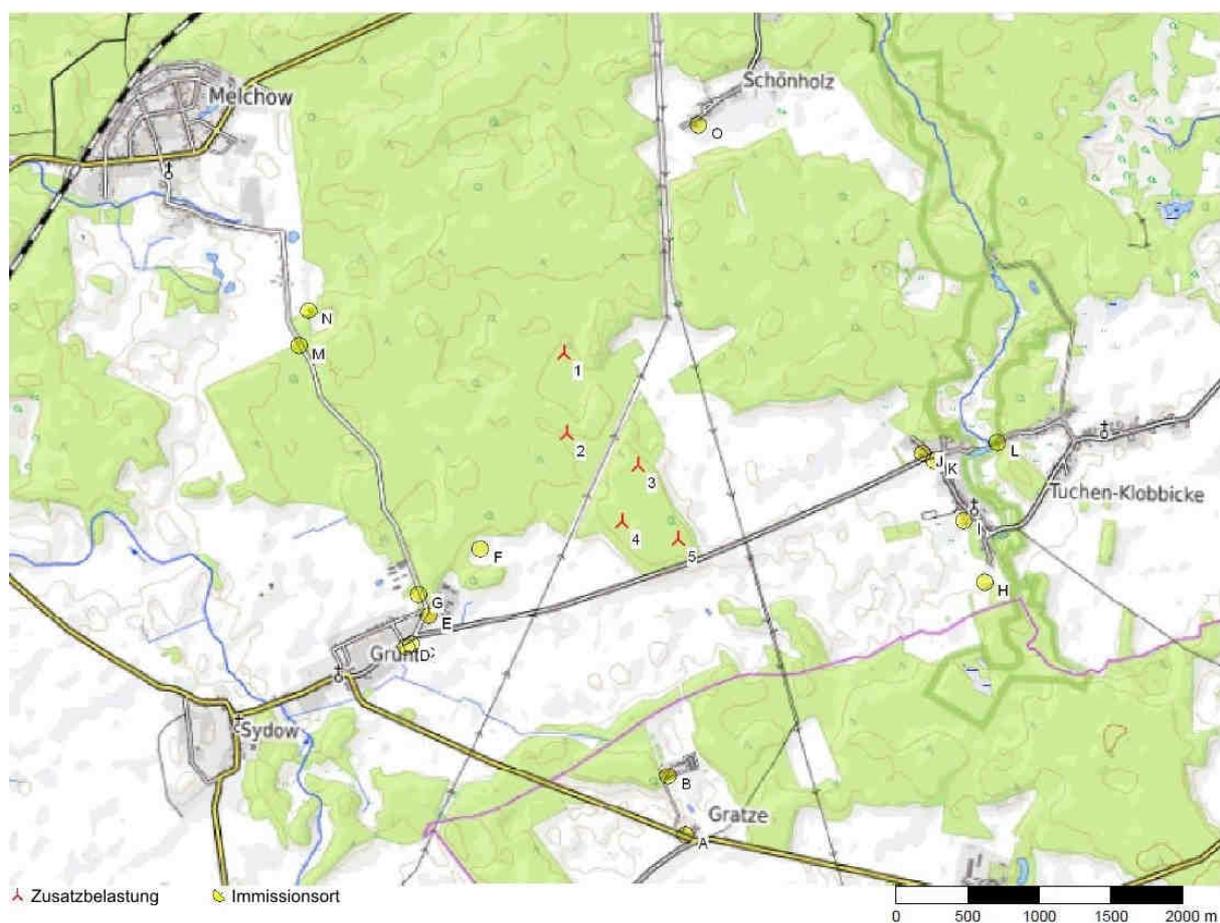


Abbildung 2: Übersichtskarte der am Standort „Grüntal“ geplanten Windenergieanlagen (Zusatzbelastung: WEA 1-5) und die Immissionsorte (IO A-O).

Tabelle 3: Untersuchte Immissionsorte (UTM-Koordinaten, Zone: 33, Datum: WGS84).

IO	Ortsbezeichnung	Gebietszuordnung / Schutzbedürftigkeit	Rechtswert	Hochwert	Richtwert (worst / real)
A	Gratze 4 (Gratze)	Mischbaufläche	416.163	5.843.352	30 h/a / 8 h/a
B	Gratze 5 (Gratze)	Gewerbegebiet	416.040	5.843.772	30 h/a / 8 h/a
C	Dorfstraße 47f (Grüntal)	Mischbaufläche	414.239	5.844.704	30 h/a / 8 h/a
D	Dorfstraße 47g (Grüntal)	Mischbaufläche	414.207	5.844.685	30 h/a / 8 h/a
E	Schönholzer Straße 6 (Grüntal)	Mischbaufläche	414.363	5.844.910	30 h/a / 8 h/a
F	Schönholzer Straße 5 (Grüntal)	Außenbereich	414.728	5.845.386	30 h/a / 8 h/a
G	Am Postweg 2 (Grüntal)	Mischbaufläche	414.290	5.845.063	30 h/a / 8 h/a
H	Beerbaumer Weg 13 (Tuchen-Klobbicke)	Mischbaufläche	418.267	5.845.151	30 h/a / 8 h/a
I	Kirchstraße 13a (Tuchen-Klobbicke)	Mischbaufläche	418.118	5.845.583	30 h/a / 8 h/a
J	Kirchstraße 38 (Tuchen-Klobbicke)	Mischbaufläche	417.825	5.846.057	30 h/a / 8 h/a
K	Unbebautes Grundstück Kirchstraße (Tuchen-Klobbicke)	Allgemeines Wohngebiet	417.906	5.846.006	30 h/a / 8 h/a
L	Mühlenweg 27a (Tuchen-Klobbicke)	Reines Wohngebiet	418.350	5.846.132	30 h/a / 8 h/a
M	Ahornstraße (Flur 2, Flurst. 51/11) WE-Gebiet (Melchow)	Reines Wohngebiet	413.456	5.846.818	30 h/a / 8 h/a
N	Ahornstraße (Flur 2, Flurst. 57) WE-Gebiet (Melchow)	Reines Wohngebiet	413.520	5.847.068	30 h/a / 8 h/a
O	Schönholzer Dorfstraße 41 (Schönholz)	Mischbaufläche	416.254	5.848.381	30 h/a / 8 h/a

4 Ergebnisse

4.1 Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer

Die Simulation der astronomisch maximal möglichen Beschattungsdauer (worst case) wurde für den maximalen Beschattungsbereich der untersuchten Windenergieanlagen durchgeführt. Dabei wurde eine Rasterkarte (Simulationssoftware WindPRO – Modul Shadow /13/) für die Umgebung der Windenergieanlagen mit einer räumlichen Auflösung von 10 m x 10 m erzeugt. Die prognostizierte tägliche und jährliche Zusatz- bzw. Gesamtbelastung durch Schattenwurf an den maßgeblichen Immissionsorten (IO E-G) kann der Tabelle 4 entnommen werden. Die grafische Darstellung für die Projektumgebung ist dem Anhang zu entnehmen.

Tabelle 4: Worst case – Zusatz-/Gesamtbelastung an den maßgeblichen Immissionsorten IO E-G .

IO	Ortsbezeichnung	Beschattungsdauer pro Jahr (h/a)	Beschattungsdauer pro Tag (min/d)	Richtwert (h/a / min/d)
E	Schönholzer Straße 6 (Grüntal)	22,4 (- 7,6)*	23 (- 7)*	30 / 30
F	Schönholzer Straße 5 (Grüntal)	57,1 (+ 27,1)*	33 (+ 3)*	30 / 30
G	Am Postweg 2 (Grüntal)	11,4 (- 18,6)*	22 (- 8)*	30 / 30

* Abstand zum Richtwert („+“: Überschreitung/Abschaltzeit, „-“: Unterschreitung).

Die Zusatz- bzw. Gesamtbelastung unterschreitet bis auf den Immissionsort IO F die Richtwerte für die astronomisch maximal mögliche Schattenwurfdauer. An der Richtwertüberschreitung sind aufgrund ihrer Positionen ausschließlich die Windenergieanlagen WEA 3-5 beteiligt. Die Windenergieanlagen WEA 1-2 sind als nicht schattenwurfrelevant zu bezeichnen (s. Schattenwurfkalender im Anhang). Es ist daher eine Installation von Abschaltmodulen für die WEA 3-5 zu empfehlen (s. „Technische Beschreibung Enercon Windenergieanlagen Schattenabschaltung“ im Anhang sowie Kapitel „Zusammenfassung und Bewertung“).

4.2 Meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer

Zur Prognose der meteorologisch wahrscheinlichen Beschattungsdauer (real case) wurden die standortspezifischen Witterungsverhältnisse (Windverteilung u. die zu erwartende Sonnenscheindauer am Standort, vgl. Kapitel 2.1) berücksichtigt. Die Simulation wurde dabei für den maximalen Beschattungsbereich der Windenergieanlagen durchgeführt, wobei eine Rasterkarte (Simulationssoftware WindPRO – Modul Shadow /13/) mit einer räumlichen Auflösung von 10 m x 10 m erzeugt wurde. Die aus den Simulationen resultierenden jährlichen Zusatz-, bzw. Gesamtbelastungen durch Schattenwurf im meteorologisch wahrscheinlichen Fall (real case) ist in der Tabelle 5 dargestellt. Die grafische Darstellung für die Projektumgebung ist dem Anhang zu entnehmen.

Tabelle 5: Real case – Zusatz-/Gesamtbelastung an den maßgeblichen Immissionsorten IO E-G.

IO	Ortsbezeichnung	Beschattungsdauer pro Jahr (h/a)	Richtwert (h/a)
E	Schönholzer Straße 6 (Grüntal)	6,8 (- 1,2)*	8
F	Schönholzer Straße 5 (Grüntal)	17,4 (+ 9,4)*	8
G	Am Postweg 2 (Grüntal)	3,5 (- 4,5)*	8

* Abstand zum Richtwert („+“: Überschreitung/Abschaltzeit, „-“: Unterschreitung).

Auch im meteorologisch wahrscheinlichen Fall unterschreitet die Zusatz- bzw. Gesamtbelastung mit Ausnahme des Immissionsortes IO F die Richtwerte für die astronomisch maximal mögliche Schattenwurfdauer (s. Kapitel „Zusammenfassung und Bewertung“).

5 Literaturverzeichnis

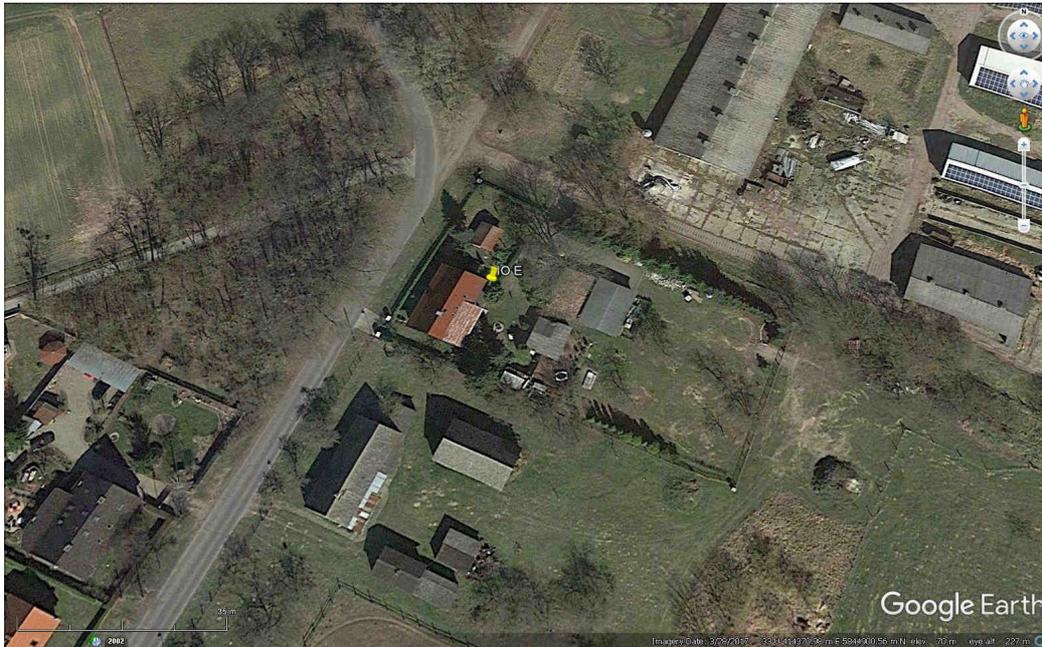
- /1/ Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise) - verabschiedet auf der Sitzung des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) vom 06.-08.05.2002.
- /2/ Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), Mission overview, J. Telecom. (Frequenz), v. 55, p. 75-79, 2001.
- /3/ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), zuletzt geändert durch Artikel 76 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474).
- /4/ DIN 5034-2: Tageslicht in Innenräumen – Grundlagen, Beuth-Verlag, Berlin 1985.
- /5/ VDI 3789 Blatt2 – 10 / 94: Umweltmeteorologie – Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und Oberflächen, Berechnung der kurz- und langwelligen Strahlung, VDI, Düsseldorf 1994.
- /6/ H.D. Freund: Systematik des Schattenwurfs von Windenergieanlagen. Forschungsbericht zur Umwelttechnik. Fachhochschule Kiel – Fachbereich für Informatik und Elektrotechnik, Dezember 2000.
- /7/ J. Pohl, F. Faul, R. Mausfeld: Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlage, Feldstudie, Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität, Kiel, 31.07.1999.
- /8/ J. Pohl, F. Faul, R. Mausfeld: Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen, Laborpilotstudie, Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität, Kiel, 15.05.2000.
- /9/ 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).
- /10/ Sebecker, J., Deutschländer, T., Wichura, B., Behrens, U.: Wind und Windenergiepotentiale in Deutschland. Winddaten für Windenergienutzer. 2. Auflage, Version 6, Deutscher Wetterdienst (DWD), Potsdam, 2012.
- /11/ Meteonorm 7.1.8: Global Meteorological Database Version 7. Software and Data for Engineers, Planers and Education. Meteotest, Bern, Switzerland. Release: 02-08-2016. <http://meteonorm.com>

- /12/ Amtliche Topografische Karte 1:25.000 der Landesvermessungsämter. Brandenburg Berlin: ISBN-3: 935603-78-9.
- /13/ WindPRO – Module shadow (vers. 2.7). EMD International A/S, Aalborg, Denmark. <http://www.emd.dk/windpro/windpro-modules/environment-modules/shadow/>
- /14/ Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Energieatlas Niedersachsen. <http://www.energieatlas.niedersachsen.de/>
- /15/ OpenTopoMap: Topografische Karten aus OpenStreetMap. Datenstand 29.03.2018, www.opentopomap.org
- /16/ Leitlinie des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen. WEA-Schattenwurf-Leitlinie vom 24.03.2003, zuletzt geändert durch Erlass vom 28.02.2015.

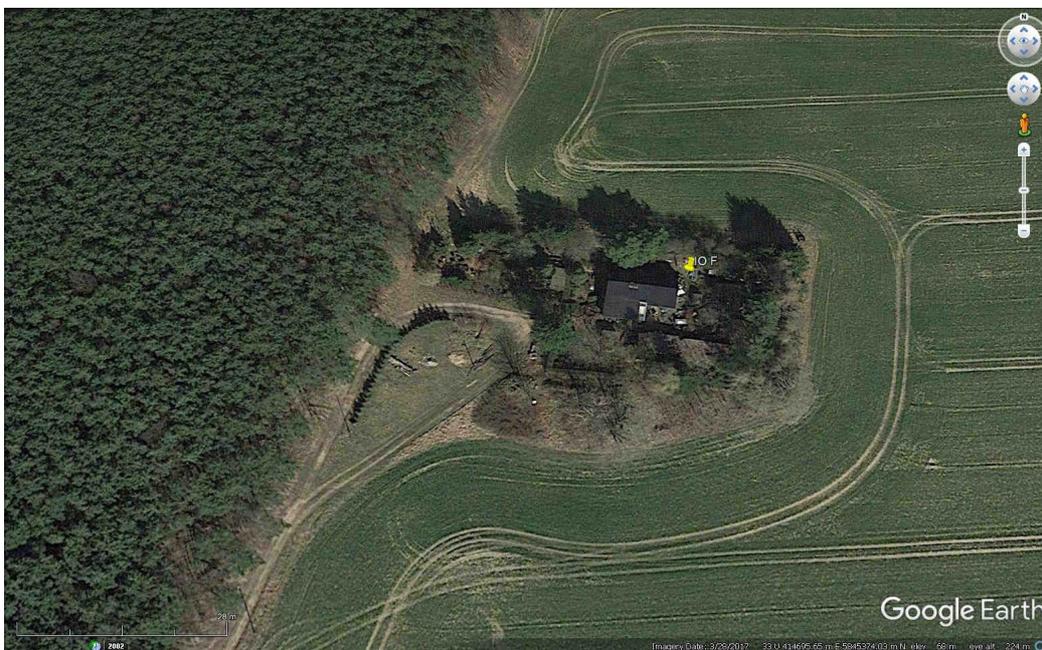
Anhang

- Lageplan
- Übersicht Immissionsorte
- Technische Beschreibung Enercon Windenergieanlagen Schattenabschaltung
- Zusatz-/Gesamtbelastung - worst case (Schattenwurfkarte, Hauptergebnis WindPRO – Shadow, immissionsortspezifischer Schattenwurfkalender)
- Zusatz-/Gesamtbelastung - real case (Schattenwurfkarte, Hauptergebnis WindPRO – Shadow)

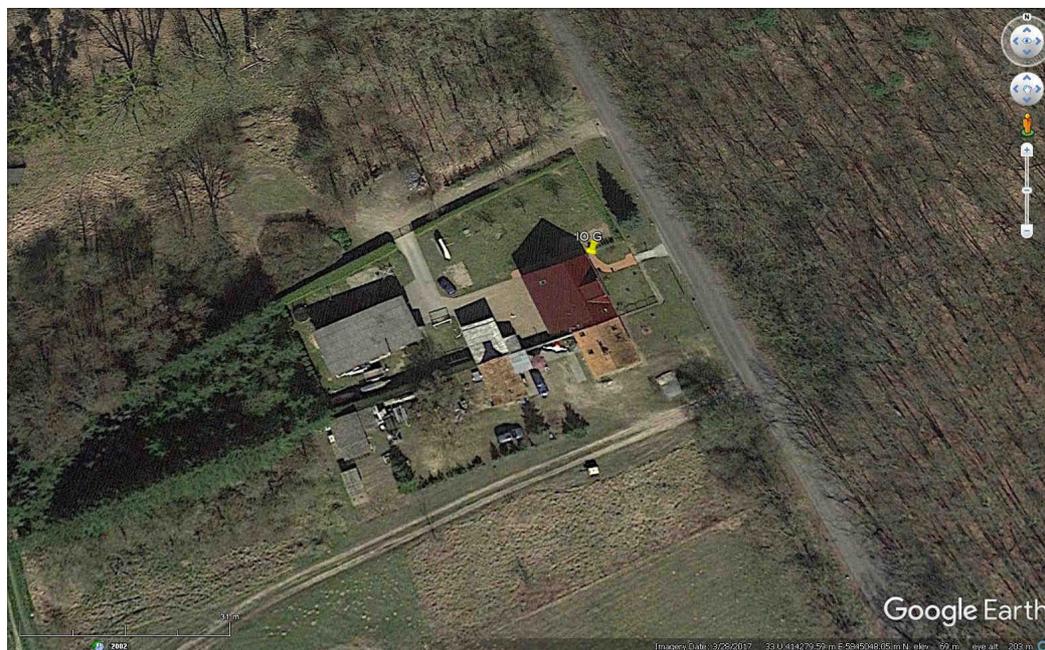
Übersicht (maßgebliche) Immissionsorte



IO E



IO F



IO G

Technische Beschreibung Enercon Windenergieanlagen Schattenabschaltung

Technische Beschreibung

ENERCON Windenergieanlagen

Schattenabschaltung



Technische Beschreibung Schattenabschaltung



Impressum

Herausgeber

ENERCON GmbH • Dreekamp 5 • 26605 Aurich • Deutschland
 Telefon: +49 4941 927-0 • Telefax: +49 4941 927-109
 Email: info@enercon.de • Internet: http://www.enercon.de
 Geschäftsführer: Aloys Wobben, Hans-Dieter Kettwig, Nicole Fritsch-Nehring
 Zuständiges Amtsgericht: Aurich • Handelsregisternummer: HRB 411
 Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

Urheberrechtshinweis

Die Inhalte dieses Dokumentes sind urheberrechtlich durch das deutsche Urheberrechtsgesetz sowie durch internationale Verträge geschützt.
 Sämtliche Urheberrechte an den Inhalten dieses Dokumentes liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Urheber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.
 Dem Nutzer werden durch die Bereitstellung der Inhalte keine gewerblichen Schutzrechte, Nutzungsrechte oder sonstigen Rechte eingeräumt oder vorbehalten. Dem Nutzer ist es untersagt, für das Know-how oder Teile davon Rechte gleich welcher Art anzumelden.
 Die Weitergabe, Überlassung und sonstige Verbreitung der Inhalte dieses Dokumentes an Dritte, die Anfertigung von Kopien, Abschriften und sonstigen Reproduktionen sowie die Verwertung und sonstige Nutzung sind – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung des Urhebers untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten. Verstöße gegen das Urheberrecht sind rechtswidrig, gem. §§ 106 ff. Urheberrechtsgesetz strafbar und gewähren den Trägern der Urheberrechte Ansprüche auf Unterlassung und Schadensersatz.

Geschützte Marken

Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber, die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.

Änderungsvorbehalt

Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.

Dokumentinformation

Dokument	D0229982-0		
Vermerk	Dies ist das Originaldokument.		
Datum	Sprache	DCC	Werk / Abteilung
2013-02-08	ger	DA	WRD GmbH / Technische Redaktion



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Funktionsweise	2
2.1	Bestimmung der potentiellen Schattenabschaltzeit	2
2.2	Messung der Beleuchtungsstärke	2
2.3	Abschaltautomatik	3
3	Toleranzen und Sicherheit	4
4	Protokollierung und Verfügbarkeit	5

Technische Beschreibung
Schattenabschaltung





1 Einleitung

Periodischer Schattenwurf ist die wiederkehrende Verschattung des direkten Sonnenlichts durch die Bewegung der Rotorblätter einer Windenergieanlage. Das Auftreten dieses Effektes ist abhängig von der aktuellen, lokalen Wetterlage, der Ausrichtung der Gondel entsprechend der Windrichtung, dem Sonnenstand und den Betriebszeiten der Windenergieanlage.

Ziel der ENERCON Schattenabschaltung ist es, die Windenergieanlage unter Berücksichtigung der meteorologischen Situation zielgerichtet abzuschalten und so Immissionen durch periodischen Schattenwurf an relevanten Orten, wie z. B. Wohnräumen, Schlafräumen, Schulen und Terrassen, sicher zu vermeiden bzw. zu verringern.

2 Funktionsweise

Die ENERCON Schattenabschaltung ist eine Funktion, die in der Steuerung der ENERCON Windenergieanlage integriert ist. Sie wird anlagenbezogen in der Anlage aktiviert, für die eine Schattenabschaltung erforderlich ist. Dabei wird jede ENERCON Windenergieanlage autark geregelt. Eine Abschaltung mehrerer Anlagen über ein System, wie z. B. der Parkregelung, ist nicht möglich.

Die Programmierung und Einstellung der Parameter der ENERCON Schattenabschaltung erfolgt über das Display im Steuerschrank der Windenergieanlage.

2.1 Bestimmung der potentiellen Schattenabschaltzeit

Der ENERCON Schattenabschaltung liegt ein kalendarisches System zugrunde. Die Zeiten des astronomisch maximal möglichen Schattenwurfs für betroffene Immissionsorte werden unter Berücksichtigung der standortspezifischen Parameter, wie Nabenhöhe, Rotordurchmesser und Koordinaten der Anlage, sowie der Lage des Immissionsortes und der Topografie berechnet.

Die Ergebnisse umfassen die Schattenwurfperioden an maßgeblichen Immissionsorten unter Angabe der täglichen Anfangs- und Endzeit des periodischen Schattenwurfs. Die ermittelten Abschaltzeiten werden in Form einer Tabelle in die Steuerung der ENERCON Windenergieanlage programmiert. Ein Feinabgleich dieser Abschaltzeiten ist für jeden Immissionsort und Zeitraum jederzeit durchführbar.

2.2 Messung der Beleuchtungsstärke

Die tatsächliche Erzeugung periodischen Schattenwurfs durch die Bewegung der Rotorblätter der Windenergieanlage ist abhängig von der Sonneneinstrahlung. Gemäß der Empfehlungen des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) ist Schattenwurf zu erwarten, wenn die Sonnenstrahlung auf der zur Einfallrichtung normalen Ebene mehr als 120 W/m^2 beträgt.

Die Höhe der Beleuchtungsstärke auf einer waagerechten Messfläche wird vom Einfallswinkel der Sonne (Sonnenstand) sowie dem fotometrischen Strahlungsäquivalent beeinflusst. Dieses wird von der Lichtbrechung und der Lufttrübung bestimmt und ist ebenfalls vom Sonnenstand abhängig. Für die Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit zum Sonnenstand können somit nur näherungsweise Werte bestimmt werden. Zudem ist der Anlagensteuerung der aktuelle Sonnenstand nicht bekannt.

Für die ENERCON Schattenabschaltung wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem das Auftreten von Schattenwurf jederzeit genau beurteilt werden kann. Zur Messung der Beleuchtungsstärke werden drei Sensoren im Winkel von 120° im unteren Bereich des Turmes der ENERCON Windenergieanlage montiert. Durch diese Anordnung befinden sich mindestens ein Sensor an der Sonnenseite und ein Sensor an der Schattenseite des Turmes. Die Steuerung ermittelt aus den Messwerten der drei Sensoren die höchste und die niedrigste Beleuchtungsstärke, also die Licht- bzw. die Schattenintensität. Die Beurteilung, ob Schattenwurf möglich ist, erfolgt somit nicht über eine mit Toleranzen behaftete Messung der Beleuchtungsstärke, sondern über das Verhältnis von Schatten- zu Lichtintensität, der so genannten Abschaltintensität.

Für eine Bestrahlungsstärke von 120 W/m^2 beträgt die gemessene Abschaltintensität 36 %. Dieser Wert ist weitestgehend unabhängig vom Sonnenstand. Sinkt nun das Verhältnis von Schatten- zu Lichtintensität unter 36 %, liegt eine Bestrahlungsstärke von mehr als 120 W/m^2 vor. Es kommt zu Schattenwurf. Dieser Wert wurde im Rahmen eines zweijährigen Praxistests von Schattenabschaltmodulen validiert. Die Abschaltintensität kann bei Bedarf individuell verändert werden.



2.3 Abschaltautomatik

Sobald innerhalb des programmierten Abschaltfensters der eingestellte Wert der Abschaltintensität unterschritten ist, wird die ENERCON Schattenabschaltung aktiviert und die ENERCON Windenergieanlage hält an.

Eine Mittelwertbildung für die gemessene Beleuchtungsstärke erfolgt nicht. Die Abschaltautomatik reagiert somit auch bei einer kurzzeitigen Unterschreitung des Referenzwertes. Eine Verzögerungszeit für das Ansprechen der Start- bzw. Stopp-Automatik kann über Filterzeiten definiert werden. Der Parameter *Filterzeit ein* legt fest, wie lange im Mittel die Schattenintensität unterhalb der Abschaltintensität liegen muss, bis die Schattenabschaltung aktiviert wird. Der Parameter *Filterzeit aus* legt fest, wie lange im Mittel die Schattenintensität oberhalb der Abschaltintensität liegen muss, bis die Schattenabschaltung deaktiviert wird.

Ändern sich die Lichtverhältnisse, so dass Schattenwurf nicht mehr möglich ist, bleibt die Schattenabschaltung zunächst aktiv. Erst nach Ablauf des programmierten Zeitfensters oder wenn sich die Lichtverhältnisse über einen vorgegebenen Zeitraum, i. d. R. über fünf Minuten, nicht geändert haben und Schattenwurf in diesem Zeitraum nicht möglich war, wird die Schattenabschaltung inaktiv. Die Anlage nimmt den Betrieb wieder auf.

3 Toleranzen und Sicherheit

Der für die Messung der Beleuchtungsstärke verwendete Sensortyp weist in der Regel eine Toleranz von $\pm 10\%$ auf. Nach Überprüfung der Sensoren werden im Rahmen der Qualitätssicherung werksseitig jeweils drei Sensoren ausgewählt, die zueinander eine Toleranz von maximal $\pm 1\%$ aufweisen. Da keine absoluten Messwerte für die Auswertung der Signale von Bedeutung sind, sondern nur das Verhältnis der Beleuchtungsstärken, wird so eine sehr hohe Genauigkeit erzielt.

Zudem wird die Funktion der Lichtsensorik während des Betriebes täglich zweimal automatisch auf Plausibilität überprüft. Hierzu werden die Spannungen an den drei Lichtsensoren um Mitternacht sowie tagsüber um 13 Uhr gemessen. Sind die gemessenen Werte nicht plausibel, wird eine Meldung an den ENERCON Service gesendet, der die Sensoren vor Ort überprüft und ggf. austauscht.

Durch den Ausfall eines Sensors z. B. durch Kabelbruch oder Kurzschluss, fällt das Verhältnis von Schatten- zu Lichtintensität unter den Wert der Abschaltintensität. Die ENERCON Windenergieanlage hält innerhalb des programmierten Zeitfensters an. Die Anlagensteuerung generiert eine Warnmeldung, die angibt, welcher der drei Sensoren ausgefallen ist.

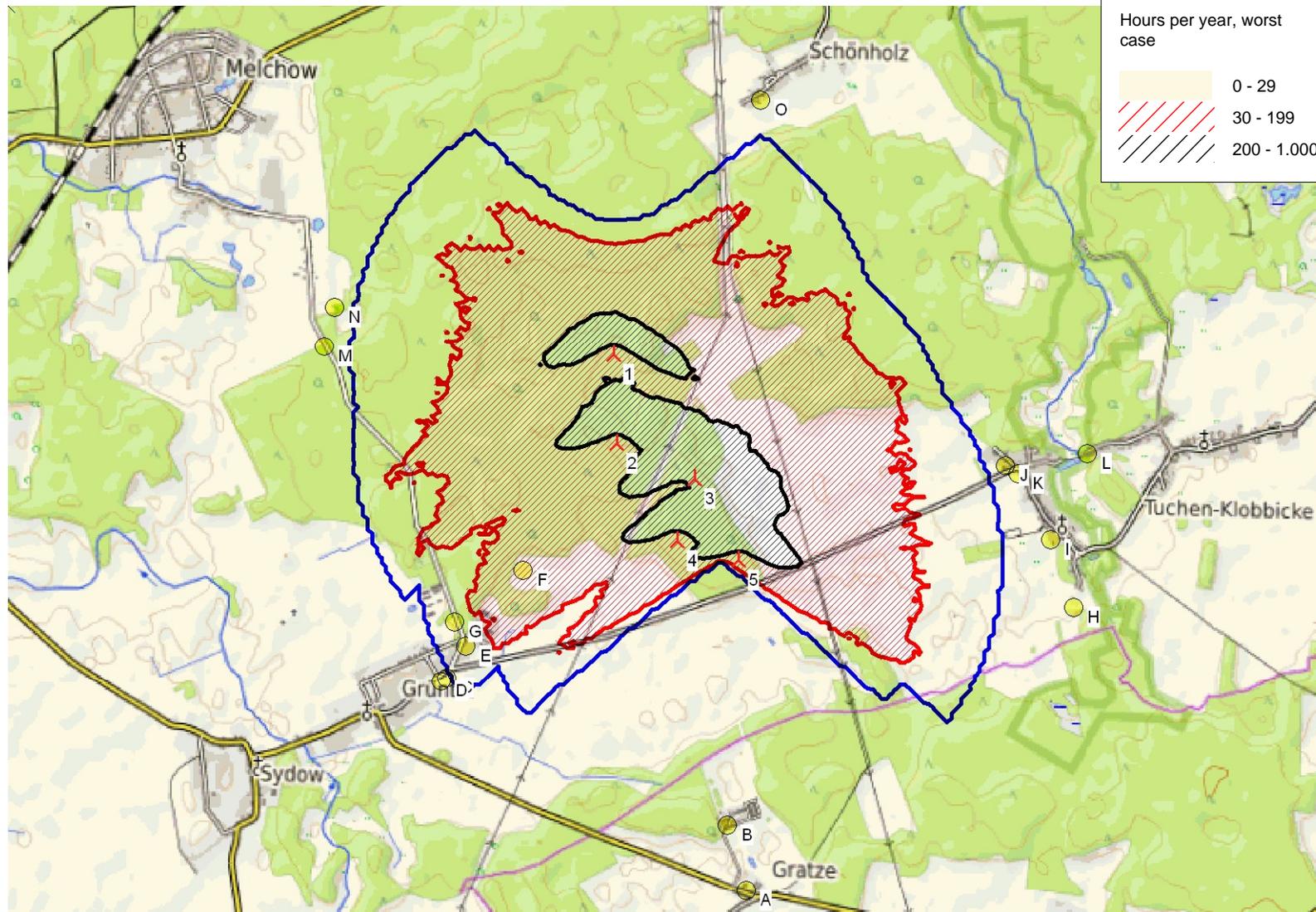


4 Protokollierung und Verfügbarkeit

Die Aktivierung der ENERCON Schattenabschaltung wird von der Datenfernübertragung als Statusmeldung mit Datum, Uhrzeit und Dauer protokolliert und über mehrere Jahre gespeichert.

Bei Bedarf erfolgt eine Protokollierung der gemessenen Daten der Lichtsensorik. Dabei wird das Verhältnis von Schatten- und Lichtintensität als Minutenmittelwert, sowie das Minimum und das Maximum des Minutenintervalls und die definierte Abschaltintensität protokolliert.

Die ENERCON Schattenabschaltung ist für alle Anlagen der aktuellen ENERCON Produktpalette verfügbar.



Hours per year, worst case

(White)	0 - 29
(Red diagonal lines)	30 - 199
(Black diagonal lines)	200 - 1.000

Project:
Grüntal

Description:
Planung (WEA 1-5):
5x Enercon E-138 EP3 - 3,5 MW,
Nabenhöhe: 160 m

Auftraggeber:
NWind GmbH
Haltenhoffstr. 50 A
D-30167 Hannover

SHADOW - Map
Calculation:
Zusatz-/Gesamtbelastung (worst case)

Printed/Page
12.05.2018 17:07 / 1

Licensed user:
MeteoServ GbR
Spessartring 7
DE-61194 Niddatal
+49 6034 90 230 10
MeteoServ GbR / info@meteoserv.de
Calculated:
10.05.2018 11:41/2.7.490

New WTG

Shadow receptor

0 30 200

Map: , Print scale 1:40.000, Map center ETRS 89 Zone: 33 East: 415.657 North: 5.846.102

Isolines showing shadow in Hours per year, worst case

Project: **Grüntal**
 Description: Planung (WEA 1-5):
 5x Enercon E-138 EP3 - 3,5 MW,
 Nabenhöhe: 160 m
 Auftraggeber:
 NWind GmbH
 Haltenhoffstr. 50 A
 D-30167 Hannover

Printed/Page
 12.05.2018 17:12 / 1
 Licensed user:
MeteoServ GbR
 Spessartring 7
 DE-61194 Niddatal
 +49 6034 90 230 10
 MeteoServ GbR / info@meteoserv.de
 Calculated:
 10.05.2018 11:41/2.7.490

SHADOW - Main Result

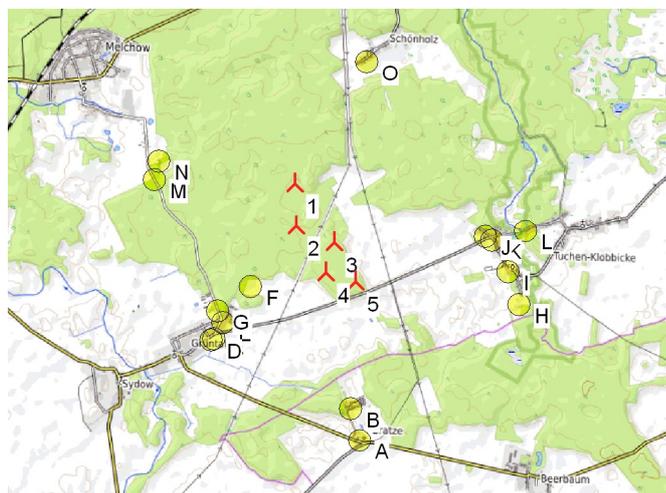
Calculation: Zusatz-/Gesamtbelastung (worst case)

Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence
 Calculate only when more than 20 % of sun is covered by the blade
 Please look in WTG table

Minimum sun height over horizon for influence 3 °
 Day step for calculation 1 days
 Time step for calculation 1 minutes
 The calculated times are "worst case" given by the following assumptions:
 The sun is shining all the day, from sunrise to sunset
 The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun
 The WTG is always operating

A ZVI (Zones of Visual Influence) calculation is performed before flicker calculation so non visible WTG do not contribute to calculated flicker values. A WTG will be visible if it is visible from any part of the receiver window. The ZVI calculation is based on the following assumptions:
 Height contours used: Height Contours: topo-grüntal-rev1.map (1)
 Obstacles used in calculation
 Eye height: 1,5 m
 Grid resolution: 10 m



Scale 1:100.000
 New WTG Shadow receptor

WTGs

ETRS 89 Zone: 33				WTG type					Shadow data			
East	North	Z	Row data/Description	Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Calculation distance [m]	RPM [RPM]	
ETRS 89 Zone: 33		[m]										
1	415.312	5.846.766	65,0 WEA 1	Yes	ENERCON	E-138 EP3-3.500	3.500	138,6	160,0	1.675	10,8	
2	415.333	5.846.199	66,6 WEA 2	Yes	ENERCON	E-138 EP3-3.500	3.500	138,6	160,0	1.675	10,8	
3	415.833	5.845.974	70,2 WEA 3	Yes	ENERCON	E-138 EP3-3.500	3.500	138,6	160,0	1.675	10,8	
4	415.718	5.845.576	70,0 WEA 4	Yes	ENERCON	E-138 EP3-3.500	3.500	138,6	160,0	1.675	10,8	
5	416.114	5.845.455	70,0 WEA 5	Yes	ENERCON	E-138 EP3-3.500	3.500	138,6	160,0	1.675	10,8	

Shadow receptor-Input

No.	Name	ETRS 89 Zone: 33										
		East	North	Z	Width	Height	Height a.g.l.	Degrees from south cw	Slope of window	Direction mode		
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]			
A	IO A - Gratze 4 - Gratze	416.163	5.843.352	73,5	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"		
B	IO B - Gratze 5 - Gratze	416.040	5.843.772	72,5	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"		
C	IO C - Dorfstraße 47f - Grüntal	414.239	5.844.704	65,4	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"		
D	IO D - Dorfstraße 47g - Grüntal	414.207	5.844.685	65,2	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"		
E	IO E - Schönholzer Str. 6 - Grüntal	414.363	5.844.910	66,0	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"		
F	IO F - Schönholzer Str. 5 - Grüntal	414.728	5.845.386	66,9	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"		
G	IO G - Am Postweg 2 - Grüntal	414.290	5.845.063	66,0	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"		
H	IO H - Beerbaumer Weg 13 - Tuchen-Klobbicke	418.267	5.845.151	69,2	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"		
I	IO I - Kirchstraße 13 a - Tuchen-Klobbicke	418.118	5.845.583	67,0	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"		
J	IO J - Kirchstr. 38 - Tuchen-Klobbicke	417.825	5.846.057	63,3	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"		
K	IO K - unbeb. Grundstück - Tuchen-Klobbicke	417.906	5.846.006	63,8	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"		
L	IO L - Mühlenweg 27a - Tuchen-Klobbicke	418.350	5.846.132	62,5	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"		
M	IO M - Ahornstr. (Flur 2, Flurst. 51/1) - Melchow	413.456	5.846.818	65,0	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"		
N	IO N - Ahornstr. (Flur 2, Flurst. 57) - Melchow	413.520	5.847.068	65,0	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"		
O	IO O - Schönholzer Dorfstr. 41 - Schönholz	416.254	5.848.381	70,0	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"		

Project: **Grüntal**
 Description: Planung (WEA 1-5):
 5x Enercon E-138 EP3 - 3,5 MW,
 Nabenhöhe: 160 m

Auftraggeber:
 NWind GmbH
 Haltenhoffstr. 50 A
 D-30167 Hannover

Printed/Page
 12.05.2018 17:12 / 2

Licensed user:
MeteoServ GbR
 Spessartring 7
 DE-61194 Niddatal
 +49 6034 90 230 10
 MeteoServ GbR / info@meteoserv.de

Calculated:
 10.05.2018 11:41/2.7.490

SHADOW - Main Result

Calculation: Zusatz-/Gesamtbelastung (worst case)

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Name	Shadow, worst case		
		Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]
A IO A - Gratze 4 - Gratze		0:00	0	0:00
B IO B - Gratze 5 -Gratze		0:00	0	0:00
C IO C - Dorfstraße 47f - Grüntal		0:00	0	0:00
D IO D - Dorfstraße 47g - Grüntal		0:00	0	0:00
E IO E - Schönholzer Str. 6 - Grüntal		22:22	78	0:23
F IO F Schönholzer Str. 5 - Grüntal		57:06	146	0:33
G IO G - Am Postweg 2 - Grüntal		11:26	40	0:22
H IO H - Beerbaumer Weg 13 - Tuchen-Klobbicke		0:00	0	0:00
I IO I - Kirchstraße 13 a - Tuchen-Klobbicke		0:00	0	0:00
J IO J - Kirchstr. 38 - Tuchen-Klobbicke		0:00	0	0:00
K IO K - unbeb. Grundstück - Tuchen-Klobbicke		0:00	0	0:00
L IO L - Mühlenweg 27a - Tuchen-Klobbicke		0:00	0	0:00
M IO M - Ahornstr. (Flur 2, Flurst. 51/1) - Melchow		0:00	0	0:00
N IO N - Ahornstr. (Flur 2, Flurst. 57) - Melchow		0:00	0	0:00
O IO O - Schönholzer Dorfstr. 41 - Schönholz		0:00	0	0:00

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
1	WEA 1	0:00	
2	WEA 2	0:00	
3	WEA 3	26:09	
4	WEA 4	55:22	
5	WEA 5	9:23	

Project:

Grüntal

Description:

Planung (WEA 1-5):
5x Enercon E-138 EP3 - 3,5 MW,
Nabenhöhe: 160 m

Auftraggeber:
NWind GmbH
Haltenhoffstr. 50 A
D-30167 Hannover

Printed/Page

10.05.2018 11:46 / 1

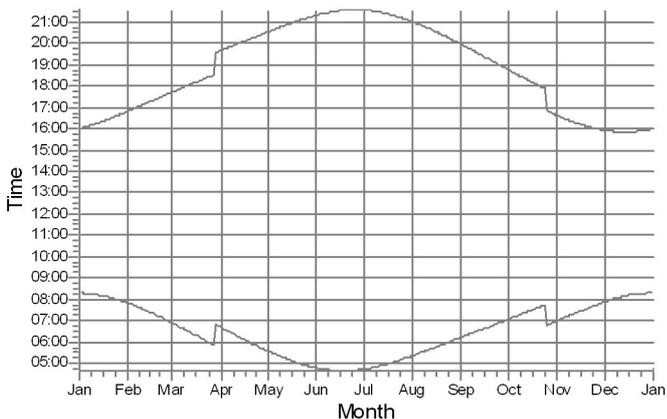
Licensed user:

MeteoServ GbR
Spessartring 7
DE-61194 Niddatal
+49 6034 90 230 10
MeteoServ GbR / info@meteoserv.de
Calculated:
10.05.2018 11:41/2.7.490

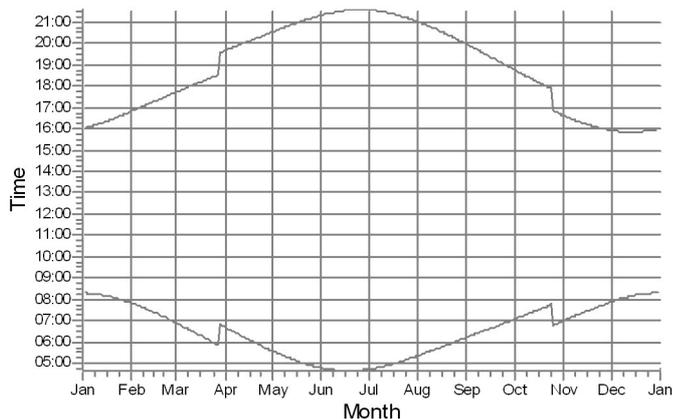
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Zusatz-/Gesamtbelastung (worst case)

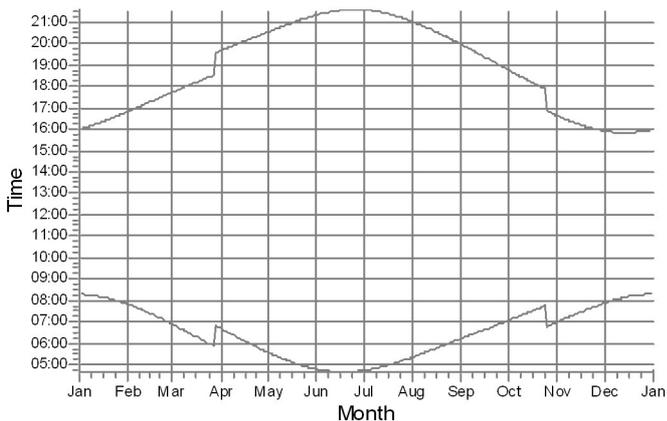
A: IO A - Gratze 4 - Gratze



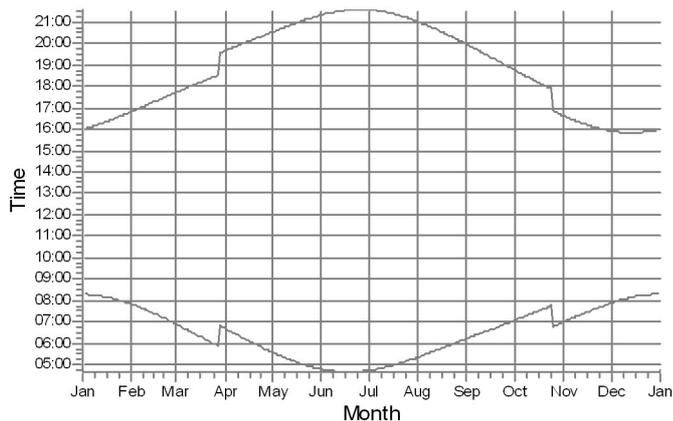
B: IO B - Gratze 5 -Gratze



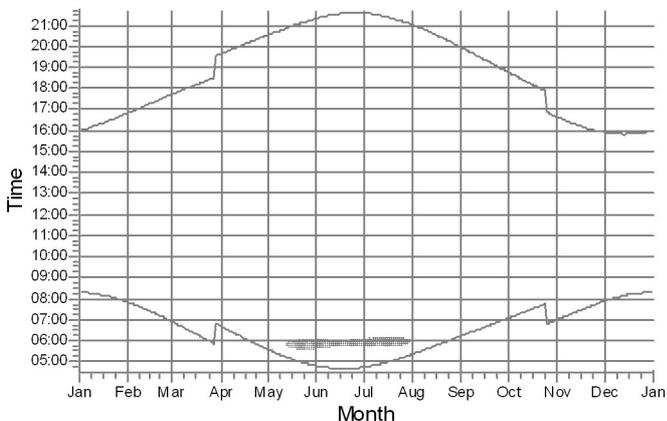
C: IO C - Dorfstraße 47f - Grüntal



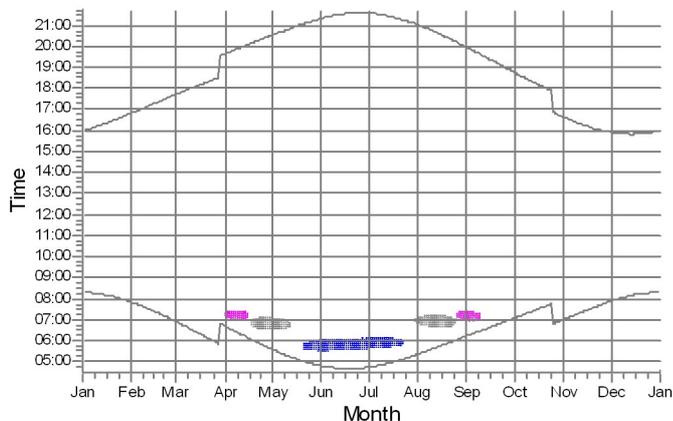
D: IO D - Dorfstraße 47g - Grüntal



E: IO E - Schönholzer Str. 6 - Grüntal



F: IO F Schönholzer Str. 5 - Grüntal



WTGs

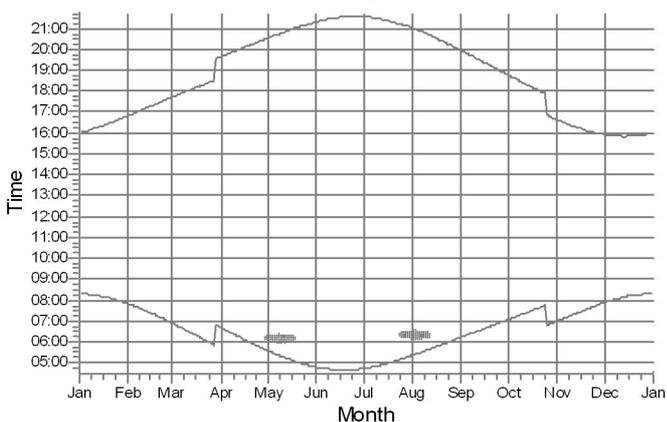
- 3: WEA 3
- 4: WEA 4
- 5: WEA 5

Project: **Grüntal**
 Description: Planung (WEA 1-5):
 5x Enercon E-138 EP3 - 3,5 MW,
 Nabenhöhe: 160 m
 Auftraggeber:
 NWind GmbH
 Haltenhoffstr. 50 A
 D-30167 Hannover

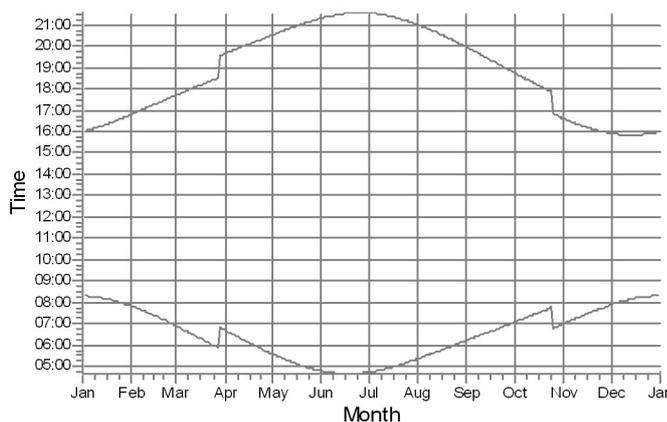
Printed/Page
 10.05.2018 11:46 / 2
 Licensed user:
MeteoServ GbR
 Spessartring 7
 DE-61194 Niddatal
 +49 6034 90 230 10
 MeteoServ GbR / info@meteoserv.de
 Calculated:
 10.05.2018 11:41/2.7.490

SHADOW - Calendar, graphical
 Calculation: Zusatz-/Gesamtbelastung (worst case)

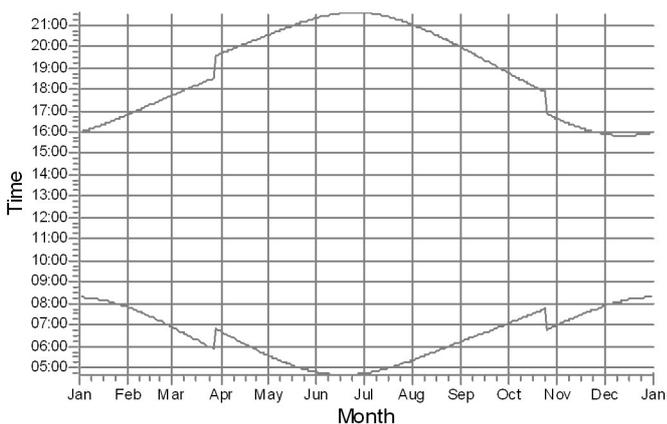
G: IO G - Am Postw eg 2 - Grüntal



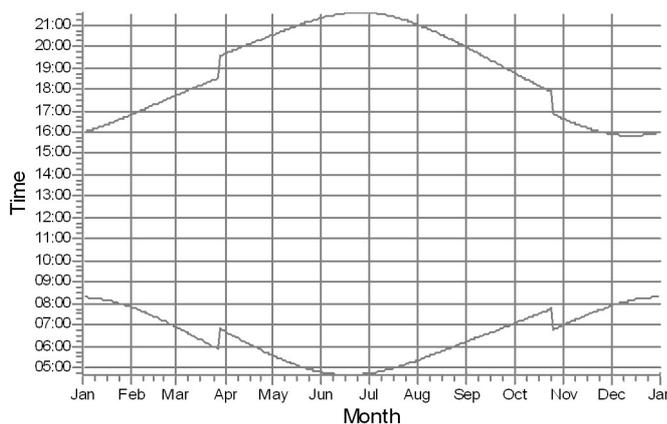
H: IO H - Beerbaumer Weg 13 - Tuchen-Klobbicke



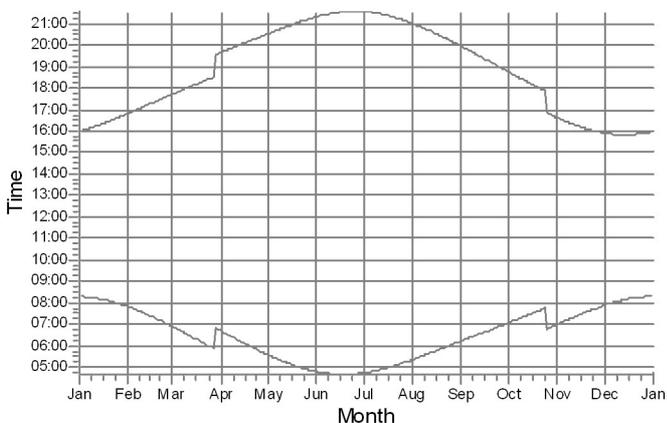
I: IO I - Kirchstraße 13 a - Tuchen-Klobbicke



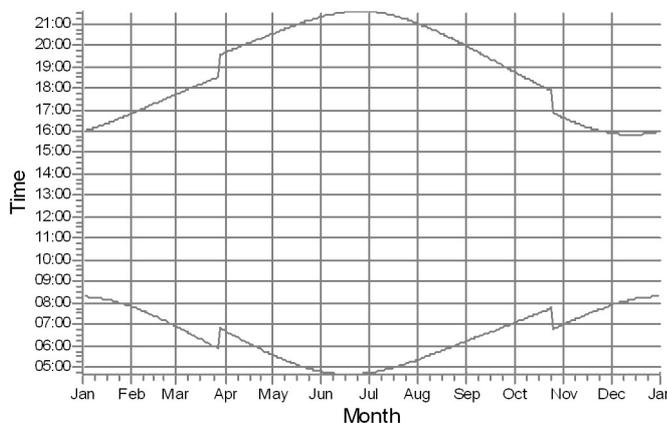
J: IO J - Kirchstr. 38 - Tuchen-Klobbicke



K: IO K - unbeb. Grundstück - Tuchen-Klobbicke



L: IO L - Mühlenweg 27a - Tuchen-Klobbicke



WTGs

4: WEA 4

Project:

Grüntal

Description:

Planung (WEA 1-5):
5x Enercon E-138 EP3 - 3,5 MW,
Nabenhöhe: 160 m

Auftraggeber:
NWind GmbH
Haltenhoffstr. 50 A
D-30167 Hannover

Printed/Page

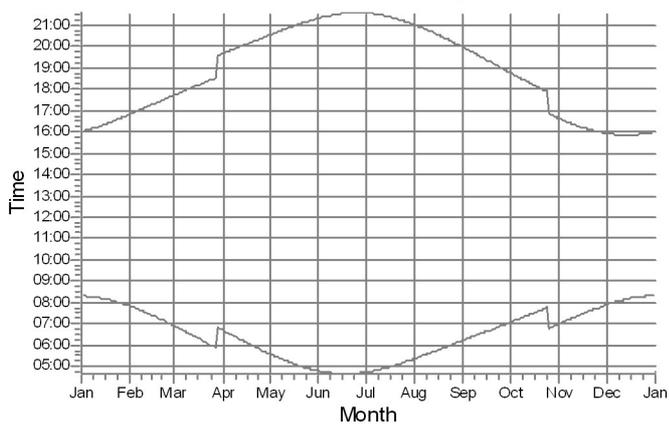
10.05.2018 11:46 / 3

Licensed user:

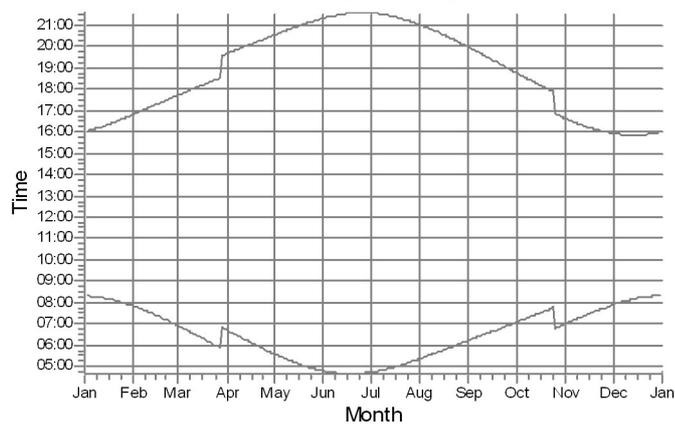
MeteoServ GbR
Spessartring 7
DE-61194 Niddatal
+49 6034 90 230 10
MeteoServ GbR / info@meteoserv.de
Calculated:
10.05.2018 11:41/2.7.490

SHADOW - Calendar, graphical**Calculation: Zusatz-/Gesamtbelastung (worst case)**

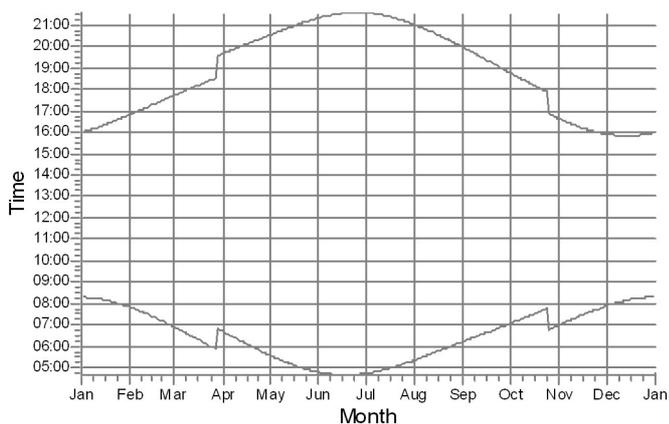
M: IO M - Ahornstr. (Flur 2, Flurst. 51/1) - Melchow



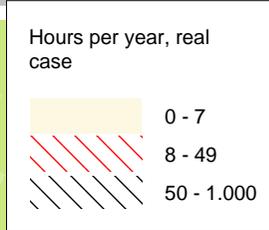
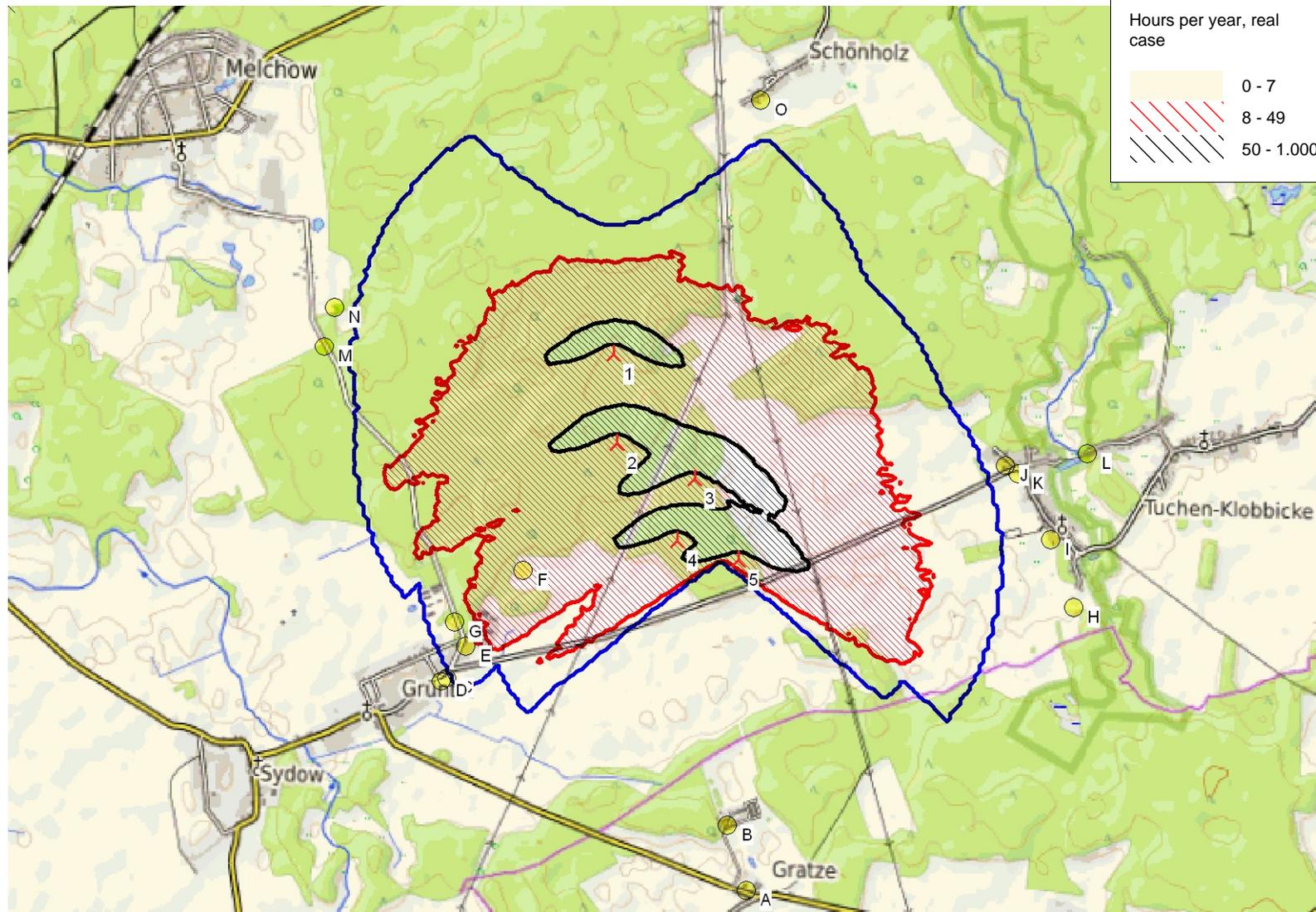
N: IO N - Ahornstr. (Flur 2, Flurst. 57) - Melchow



O: IO O - Schönholzer Dorfstr. 41 - Schönholz



WTGs



Project:
Grüntal

Description:
 Planung (WEA 1-5):
 5x Enercon E-138 EP3 - 3,5 MW,
 Nabenhöhe: 160 m

Auftraggeber:
 NWind GmbH
 Haltenhoffstr. 50 A
 D-30167 Hannover

**SHADOW -
 Map**
Calculation:
 Zusatz-/Gesamtbelastung (real case)

Printed/Page
 12.05.2018 17:09 / 1

Licensed user:
MeteoServ GbR
 Spessartring 7
 DE-61194 Niddatal
 +49 6034 90 230 10
 MeteoServ GbR / info@meteoserv.de
 Calculated:
 10.05.2018 11:50/2.7.490

Map: , Print scale 1:40.000, Map center ETRS 89 Zone: 33 East: 415.657 North: 5.846.102

Isolines showing shadow in Hours per year, real case

New WTG Shadow receptor
 0 8 50

Project: **Grüntal**
 Description: Planung (WEA 1-5):
 5x Enercon E-138 EP3 - 3,5 MW,
 Nabenhöhe: 160 m
 Auftraggeber:
 NWind GmbH
 Haltenhoffstr. 50 A
 D-30167 Hannover

Printed/Page: 12.05.2018 17:07 / 1
 Licensed user:
MeteoServ GbR
 Spessartring 7
 DE-61194 Niddatal
 +49 6034 90 230 10
 MeteoServ GbR / info@meteoserv.de
 Calculated: 10.05.2018 11:50/2.7.490

SHADOW - Main Result

Calculation: Zusatz-/Gesamtbelastung (real case)

Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence
 Calculate only when more than 20 % of sun is covered by the blade
 Please look in WTG table

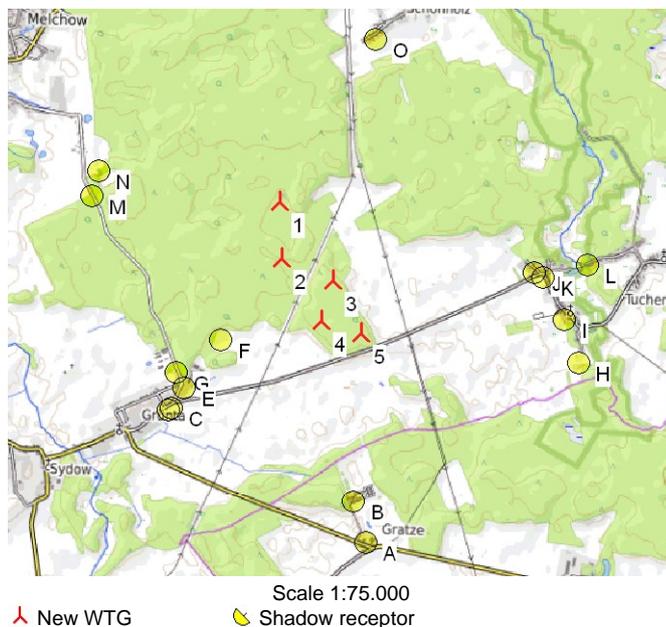
Minimum sun height over horizon for influence 3 °
 Day step for calculation 1 days
 Time step for calculation 1 minutes

Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) []
 Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
 1,70 2,50 3,80 6,10 7,30 7,60 7,00 7,00 5,70 3,60 2,00 1,40

Operational time
 N NNE ENE E ESE SSE S SSW WSW W WNW NNW Sum
 489 446 428 560 560 734 787 909 1.189 1.399 691 568 8.760
 Idle start wind speed Cut in wind speed from power curve

A ZVI (Zones of Visual Influence) calculation is performed before flicker calculation so non visible WTG do not contribute to calculated flicker values. A WTG will be visible if it is visible from any part of the receiver window. The ZVI calculation is based on the following assumptions:

Height contours used: Height Contours: topo-grüntal-rev1.map (1)
 Obstacles used in calculation
 Eye height: 1,5 m
 Grid resolution: 10 m



WTGs

ETRS 89 Zone: 33				WTG type				Shadow data			
East	North	Z	Row data/Description	Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Calculation distance [m]	RPM
ETRS 89 Zone: 33			[m]								
1	415.312	5.846.766	65,0 WEA 1	Yes	ENERCON	E-138 EP3-3.500	3.500	138,6	160,0	1.675	10,8
2	415.333	5.846.199	66,6 WEA 2	Yes	ENERCON	E-138 EP3-3.500	3.500	138,6	160,0	1.675	10,8
3	415.833	5.845.974	70,2 WEA 3	Yes	ENERCON	E-138 EP3-3.500	3.500	138,6	160,0	1.675	10,8
4	415.718	5.845.576	70,0 WEA 4	Yes	ENERCON	E-138 EP3-3.500	3.500	138,6	160,0	1.675	10,8
5	416.114	5.845.455	70,0 WEA 5	Yes	ENERCON	E-138 EP3-3.500	3.500	138,6	160,0	1.675	10,8

Shadow receptor-Input

ETRS 89 Zone: 33											
No.	Name	East	North	Z	Width	Height	Height a.g.l.	Degrees from/south	Slope of window	Direction mode	
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]		
A	IO A - Gratze 4 - Gratze	416.163	5.843.352	73,5	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"	
B	IO B - Gratze 5 - Gratze	416.040	5.843.772	72,5	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"	
C	IO C - Dorfstraße 47f - Grüntal	414.239	5.844.704	65,4	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"	
D	IO D - Dorfstraße 47g - Grüntal	414.207	5.844.685	65,2	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"	
E	IO E - Schönholzer Str. 6 - Grüntal	414.363	5.844.910	66,0	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"	
F	IO F - Schönholzer Str. 5 - Grüntal	414.728	5.845.386	66,9	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"	
G	IO G - Am Postweg 2 - Grüntal	414.290	5.845.063	66,0	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"	
H	IO H - Beerbaumer Weg 13 - Tuchen-Klobbicke	418.267	5.845.151	69,2	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"	
I	IO I - Kirchstraße 13 a - Tuchen-Klobbicke	418.118	5.845.583	67,0	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"	
J	IO J - Kirchstr. 38 - Tuchen-Klobbicke	417.825	5.846.057	63,3	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"	
K	IO K - unbeb. Grundstück - Tuchen-Klobbicke	417.906	5.846.006	63,8	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"	
L	IO L - Mühlenweg 27a - Tuchen-Klobbicke	418.350	5.846.132	62,5	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"	
M	IO M - Ahornstr. (Flur 2, Flurst. 51/1) - Melchow	413.456	5.846.818	65,0	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"	
N	IO N - Ahornstr. (Flur 2, Flurst. 57) - Melchow	413.520	5.847.068	65,0	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"	
O	IO O - Schönholzer Dorfstr. 41 - Schönholz	416.254	5.848.381	70,0	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"	

Project: Grüntal	Description: Planung (WEA 1-5): 5x Enercon E-138 EP3 - 3,5 MW, Nabenhöhe: 160 m Auftraggeber: NWind GmbH Haltenhoffstr. 50 A D-30167 Hannover	Printed/Page 12.05.2018 17:07 / 2 Licensed user: MeteoServ GbR Spessartring 7 DE-61194 Niddatal +49 6034 90 230 10 MeteoServ GbR / info@meteoserv.de Calculated: 10.05.2018 11:50/2.7.490
----------------------------	--	---

SHADOW - Main Result**Calculation:** Zusatz-/Gesamtbelastung (real case)**Calculation Results**

Shadow receptor

No.	Name	Shadow, worst case			Shadow, expected values
		Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]	Shadow hours per year [h/year]
A IO A	- Gratze 4 - Gratze	0:00	0	0:00	0:00
B IO B	- Gratze 5 -Gratze	0:00	0	0:00	0:00
C IO C	- Dorfstraße 47f - Grüntal	0:00	0	0:00	0:00
D IO D	- Dorfstraße 47g - Grüntal	0:00	0	0:00	0:00
E IO E	- Schönholzer Str. 6 - Grüntal	22:22	78	0:23	6:46
F IO F	- Schönholzer Str. 5 - Grüntal	57:06	146	0:33	17:23
G IO G	- Am Postweg 2 - Grüntal	11:26	40	0:22	3:32
H IO H	- Beerbaumer Weg 13 - Tuchen-Klobbicke	0:00	0	0:00	0:00
I IO I	- Kirchstraße 13 a - Tuchen-Klobbicke	0:00	0	0:00	0:00
J IO J	- Kirchstr. 38 - Tuchen-Klobbicke	0:00	0	0:00	0:00
K IO K	- unbeb. Grundstück - Tuchen-Klobbicke	0:00	0	0:00	0:00
L IO L	- Mühlenweg 27a - Tuchen-Klobbicke	0:00	0	0:00	0:00
M IO M	- Ahornstr. (Flur 2, Flurst. 51/1) - Melchow	0:00	0	0:00	0:00
N IO N	- Ahornstr. (Flur 2, Flurst. 57) - Melchow	0:00	0	0:00	0:00
O IO O	- Schönholzer Dorfstr. 41 - Schönholz	0:00	0	0:00	0:00

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
1	WEA 1	0:00	0:00
2	WEA 2	0:00	0:00
3	WEA 3	26:09	7:56
4	WEA 4	55:22	16:56
5	WEA 5	9:23	2:48