

Anlage 7

zur Drucksache 98/2016

1. Änderung des vorhabenbezogenen Bebauungsplans

„Windpark Lindenberg“

Ortsteil Güstow

Stadt Prenzlau

Schattenwurfgutachten

(gekürzte Version, ohne Anhang)

12.10. 2016

SCHATTENWURFGUTACHTEN

Standort: Windpark Lindenberg

Bundesland: Brandenburg

Auftraggeber: Denker & Wulf AG
Heegermühler Str. 64
16225 Eberswalde
Tel.: 03334/38489-0

Berichtsnummer: S-IBK-9371016

Datum: 12.10.2016

Gutachter: Ingenieurbüro Kuntzsch GmbH
Moritzburger Weg 67
01109 Dresden
Tel./Fax: (0351) 88 50 7-1/-409

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	3
2	Einleitung	5
3	Berechnungsmethode	6
3.1	Das mathematische Modell zur Berechnung des Verlaufs der Sonnenbahn	6
3.2	Reichweite des Schattenwurfs.....	6
3.3	Zusätzliche Einflussgrößen	7
3.4	Unsicherheit der berechneten Werte der Schattenwurfdauer	7
4	Berechnungsvoraussetzungen	8
4.1	Lage und Beschreibung des Standortes.....	8
4.2	Technische Daten der Windenergieanlagen	12
5	Berechnungsergebnisse	14
5.1	Schattenwurfdauer für die definierten Rezeptoren.....	14
5.2	Beurteilung der Berechnungsergebnisse	19
6	Schlussbemerkungen.....	25
7	Literaturhinweise.....	26
8	Anhang	27
8.1	Einwirkungsbereich der geplanten Anlagen.....	27
8.2	Berechnungsberichte der Prognosesoftware.....	29
8.3	Schattenwurfkalender (Gesamtbelastung – tabellarisch)	49
8.4	Schattenwurfkalender (Gesamtbelastung – grafisch).....	121
8.5	Kartografische Darstellung der jährlichen Schattenwurfdauer (Gesamtbelastung)	131
8.6	Zu berücksichtigende Vorbelastung gemäß Vorgabe des LfU Brandenburg	133

1 Aufgabenstellung

Der Auftraggeber beabsichtigt am Standort Falkenhagen im Rahmen eines Repoweringprojektes die Errichtung von elf Windenergieanlagen des Anlagentyps ENERCON E-141 EP4 (Berechnungsvariante BV1) bzw. des Anlagentyps NORDEX N131/3300 (Berechnungsvariante BV2). Im Zusammenhang mit der Errichtung der geplanten Anlagen des Auftraggebers ist der Rückbau von 28 vorhandenen Windenergieanlagen vorgesehen.

Durch die Ingenieurbüro Kuntzsch GmbH wurden zuletzt im April 2016 drei Schattenwurfgutachten (Berichtsnummer: S-IBK-7490416, S-IBK-7920416 und S-IBK-7940416-Rev.1) für insgesamt fünf geplante Anlagen B1, F1...F3 und W1 am o.g. Standort angefertigt.

Mit Schreiben vom 16.09.2016 wurde die Ingenieurbüro Kuntzsch GmbH beauftragt, das vorliegende Schattenwurfgutachten zu erstellen. Neben 82 Bestandsanlagen waren gemäß vorliegenden Informationen drei weitere Windenergieanlagen genehmigt, für acht weitere Anlagen liegen laut E-Mail des Landesamtes für Umwelt (LfU)¹ Brandenburg vom 23.02.2016 Informationen zu bereits gestellten Bauanträgen vor. Die in den o.g. Berichten betrachteten Anlagen B1, F1...F3 und W1 werden im vorliegenden Bericht als zusätzliche Vorbelastung berücksichtigt. Im Zuge der Realisierung dieser fünf beantragten Anlagen ist gemäß Vorgaben des Auftraggebers der Rückbau von elf vorhandenen Windenergieanlagen vorgesehen, was bei der Erstellung des vorliegenden Berichts ebenfalls berücksichtigt wurde.

Das vorliegende Schattenwurfgutachten dient der Prüfung der Immissionsituation aufgrund des durch die geplanten Windenergieanlagen verursachten Schattenwurfs im Rahmen des Genehmigungsverfahrens nach BImSchG durch den Auftraggeber.

Die im Schattenwurfgutachten gegebenen Informationen (Koordinaten von Immissionsorten, Zeitangaben zur Lage der Schattenwurfperioden) dienen lediglich der Einschätzung der Situation für das Genehmigungsverfahren. Sie sind nicht als Datenquelle für die Parametrierung etwa zu installierender Schattenwurfabschaltmodule geeignet. Hierzu ist eine exakte Vermessung der Positionen der Immissionsorte (z.B. mit DGPS-Empfänger) und der Größe der Immissionsflächen erforderlich.

Für die Erstellung des Gutachtens wurden folgende Daten und Unterlagen verwendet:

- Topographische Karten der Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg im Maßstab 1:25.000,
- Angaben zu Standortbezeichnungen und Seriennummern sowie zum Typ und zur Nabenhöhe der vorhandenen Windenergieanlagen (Quelle: Windenergieanlagen-datenbank des Auftragnehmers, Abfrage vom 16.03.2016),
- Angaben zu Standortkoordinaten und -bezeichnungen sowie zum Typ und zur Nabenhöhe der vorhandenen, genehmigten und beantragten Windenergieanlagen (Quelle: E-Mail des LfU Brandenburg – Frau Böhlke – vom 23.02.2016, siehe auch Anhang 8.6),
- Angaben zu Standortkoordinaten ausgewählter vorhandener Windenergieanlagen gemäß

¹ Das LfU Brandenburg trug in der Vergangenheit die Bezeichnung Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) Brandenburg bzw. LUGV Schwedt.

Stellungnahme der Ingenieurbüro Kuntzsch GmbH vom 12.08.2016 zur Schallimmissionsprognose N-IBK-7500416 und zur Schattenwurfprognose S-IBK-7490416 für das Projekt Windpark Falkenhagen Repowering ,

- Angaben zu Standortkoordinaten, -bezeichnungen sowie zum Typ und zur Nabenhöhe der geplanten Windenergieanlagen (Quellen: E-Mails des Auftraggebers vom 09.09.2016, 26.09.2016 und 06.10.2016; Lageplan des Auftraggebers vom 29.08.2016),
- Angaben bzgl. der zum Rückbau vorgesehenen Windenergieanlagen (Quelle: Lageplan des Auftraggebers vom 29.08.2016),
- Lageplan 1 : 15.000 mit Markierung der geplanten und zum Rückbau vorgesehenen Anlagenstandorte (Stand: 29.08.2016; Quelle: E-Mail des Auftraggebers vom 09.09.2016),
- Angaben zur Rotorblattgeometrie der verschiedenen Anlagentypen (Anlagendatenbank der Berechnungssoftware WindPro; Herstellerangaben; E-Mail des Anlagenherstellers ENERCON vom 25.04.2016),
- Daten der Standortbesichtigung durch den Auftragnehmer am 09.03.2016 (mit GPS aufgenommene Standortkoordinaten der vorhandenen WEA, GPS-Positionen der Immissionsorte, Fotos der vorhandenen WEA und Immissionsorte, Feldprotokoll).

2 Einleitung

Je nach Aufstellung der Windenergieanlage und der in der Umgebung vorhandenen Gebäude kann von dem Schattenwurf des sich drehenden Rotors der Windenergieanlagen eine unerwünschte Beeinträchtigung ausgehen: Der sich periodisch verändernde Schatten verursacht je nach Drehzahl und Anzahl der Rotorblätter hinter der Windenergieanlage starke Lichtwechsel mit Frequenzen zwischen 0,5...2 Hz (Lichtwechsel/Sekunde). Helligkeitsschwankungen dieser Art wirken auf den Menschen störend, sind bei längerer Dauer unerträglich und können sogar gesundheitsschädigend sein [1]. Daher gehört der von Windenergieanlagen verursachte periodische Schattenwurf zu den Immissionen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG). In der Planungsphase von Windenergieprojekten sind deshalb diese Auswirkungen des Schattenwurfs ggf. zu berücksichtigen.

Maßgebliche Immissionsorte im Sinne einer Beeinträchtigung durch periodischen Schattenwurf sind 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 und 22:00 Uhr gleichgestellt. Maßgebliche Immissionsorte sind weiterhin 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 [4].

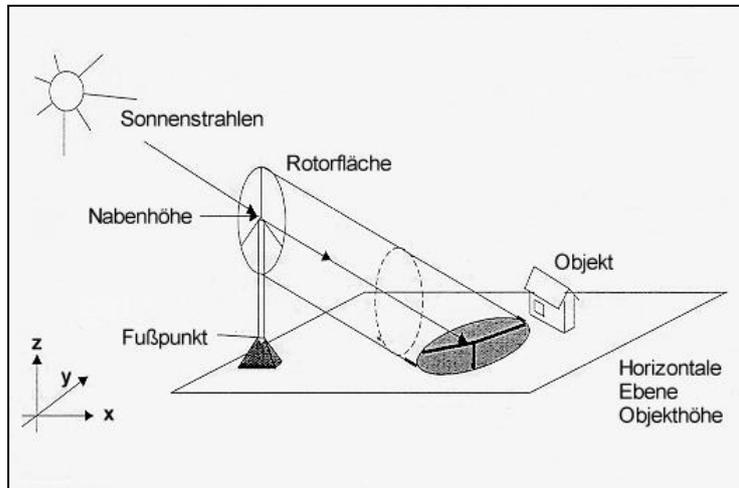
Kritische Bedingungen können insbesondere dann auftreten, wenn diese Immissionsorte bei niedrigem Sonnenstand in geringem Abstand hinter den Windenergieanlagen liegen.

Die verwendete Fachsoftware berechnet für eine oder mehrere Windenergieanlagen in Abhängigkeit von der Nabenhöhe und dem Rotordurchmesser die Schattenwurfdauer im Umfeld und stellt diese grafisch dar. Berechnet werden außerdem die Gesamtdauer (Tage und Stunden) und die Zeitpunkte (Datum und Uhrzeit) des Schattenwurfs an einem oder mehreren Objekten. Im Rahmen einer „worst-case-Betrachtung“ wird davon ausgegangen, dass die Sonne den gesamten Tag über scheint und die Rotorblätter der im Dauerbetrieb befindlichen Windenergieanlage immer senkrecht zur Sonneneinstrahlung stehen.

3 Berechnungsmethode

3.1 Das mathematische Modell zur Berechnung des Verlaufs der Sonnenbahn

Der *Sonnenstand* bildet die Grundlage für die Ermittlung des Schattenwurfs und ist im Wesentlichen von der Erdrotation, der Neigung der Erdachse sowie der elliptischen Laufbahn der Erde um die Sonne abhängig. Die Berechnungen beruhen auf den folgenden Daten:



- Position der Windenergieanlage,
- Nabenhöhe und Rotor-durchmesser,
- Position, Lage und Ausdehnung des Schattenrezeptors (z.B. Fenster),
- Geographische Koordinaten des Standorts sowie die Zeitzone und die Zeitverschiebung durch die Sommerzeit.

Das genaue Formelwerk zur Berechnung von Sonnenposition und Sonnenstand ist u.a. in [8] beschrieben. Die im vorliegenden Gutachten ausgewiesenen Schattenwurfzeiten für einzelne Rezeptoren oder Isolinien beruhen auf einer Anwendung dieses Formelwerks in 1-Minuten-Schritten über einen kompletten Jahresverlauf.

Die in der vorliegenden Schattenwurfprognose durchgeführten Berechnungen des Schattenwurfs erfolgen mit Hilfe des WindPro-Schattenwurf-Programms, kurz SHADOW. Dieses prognostiziert und dokumentiert auf Basis des oben beschriebenen mathematischen Modells den Schattenwurf, der durch den sich drehenden Rotor bei Windenergieanlagen verursacht wird.

3.2 Reichweite des Schattenwurfs

Bei der Schattenwurfprognose muss zusätzlich zwischen dem Kern- und dem Halbschatten unterschieden werden. Der Unterschied kommt dadurch zustande, dass die Sonne keine Punktlichtquelle, sondern eine Kugel mit einer gewissen Ausdehnung ist. Zwischen den sichtbaren Sonnenrändern liegt ein mittlerer Winkel von ca. $0,53^\circ$. Der Kernschatten entspricht dem Bereich, an dem die direkten Sonnenstrahlen durch das Hindernis vollständig verdeckt werden. Im Halbschatten trifft dagegen ein Teil des Sonnenlichts noch auf. Da Windenergieanlagen schmale Flügel besitzen, ist der Kernschatten nur kurz (ca. 220 m bei einer Flügelbreite von 2 m) und deshalb für die vorliegende Berechnung nicht relevant. Die Intensität des noch relevanten Halbschattens nimmt mit zunehmender Entfernung ab, so dass sich die durch den Schattenwurf des Rotors entstehenden Helligkeitsschwankungen reduzieren.

Lichtunterschiede (Schatten) werden ab Helligkeitsunterschieden von $>2,5\%$ wahrgenommen. Diese treten bei klarem Wetter auf, wenn die vom Rotorblatt abgedeckte aktive Sonnenfläche

20 % und mehr beträgt. Zum Beispiel liegt die Wahrnehmbarkeitsgrenze bei einer mittleren Blatttiefe von 2,5 m in einer Entfernung von ca. 1700 m.

Im vorliegenden Gutachten wird der zu prüfende Beschattungsbereich auf die Standortumgebung beschränkt, in der die vom Rotorblatt abgedeckte Sonnenfläche mindestens 20 % beträgt. Die mittlere Blatttiefe wird anhand der folgenden Formel bestimmt:

$$\text{mittlere Blatttiefe} = 0,5 * (\text{max. Blatttiefe} + \text{min. Blatttiefe bei } 0,9 * \text{Rotorradius})$$

Der Schattenwurf bei Sonnenständen unter 3° Erhöhung über dem Horizont kann aufgrund von Bewuchs und Bebauung sowie insbesondere wegen der zu durchdringenden Atmosphärenschichten in ebenem Gelände vernachlässigt werden [3].

3.3 Zusätzliche Einflussgrößen

Auch in den berechneten Zeiten muss nicht zwingend ein intermittierender Schattenwurf erfolgen. Das Phänomen ist naturgemäß nicht zu beobachten

- bei bedecktem Himmel,
- wenn die Windrichtung von der Blickachse abweicht und der Rotor weggedreht ist,
- wenn die Windenergieanlage stillsteht, z.B. bei zu geringer Windgeschwindigkeit.

Bei Einbeziehung weiterer Daten ist eine Berücksichtigung dieser Effekte möglich. Die Bedeckung des Himmels kann durch langjährige Messreihen der Sonnenscheindauer berücksichtigt werden, die für diverse Stationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) vorliegen. Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilungen könnten z.B. einem für den Standort vorliegenden und auf Windmessungen in Verbindung mit Strömungssimulationen beruhenden Windgutachten entnommen werden. Gegenüber der beschriebenen „worst case“-Betrachtung würde diese Betrachtung zu einer weiteren Reduzierung der Werte der jährlichen kumulierten Schattenwurfdauer führen.

Eine Berücksichtigung dieser Einflussgrößen ist jedoch nicht Gegenstand dieses Gutachtens.

3.4 Unsicherheit der berechneten Werte der Schattenwurfdauer

Ungenau vermessene Koordinaten von Windenergieanlagen oder Schattenwurfrezeptoren können im Vergleich zu exakt vermessenen Koordinaten (z. B. mit einem DGPS) zu einer Verschiebung der Schattenwurfzeiten führen, auch die Werte der Schattenwurfdauer können sich – wenn auch in geringerem Maße – verändern. Somit ist eine exakte Vermessung der Koordinaten für eine genaue Beschattungsberechnung unerlässlich.

Weitere physikalische Einflussfaktoren, die bisher nicht in die Berechnungen einfließen, können ebenfalls zu Veränderungen der Schattenwurfzeiten und -dauer führen. Dazu zählen der Einfluss der Sonnenausdehnung und der getrübbten Atmosphäre als Medium der Strahlungsausbreitung sowie die als trapezförmig modellierte Form der Rotorblätter [4], [5].

Das vorliegende Gutachten ist somit zur Prognose der Schattenwurfdauer und deren immissionsschutzrechtlicher Beurteilung an einzelnen Immissionsorten geeignet, nicht jedoch als Grundlage der genauen Parametrierung etwa zu installierender Schattenwurfabschaltmodule im Falle auftretender Überschreitungen der Immissionsrichtwerte.

4 Berechnungsvoraussetzungen

4.1 Lage und Beschreibung des Standortes

Die Windfelder am Standort Wilhelmshof/Falkenhagen/Güstow/Schönermark befinden sich auf landwirtschaftlich genutzten Freiflächen nördlich der Ortschaft Gollmitz und südlich von Falkenhagen im Landkreis Uckermark in Brandenburg.

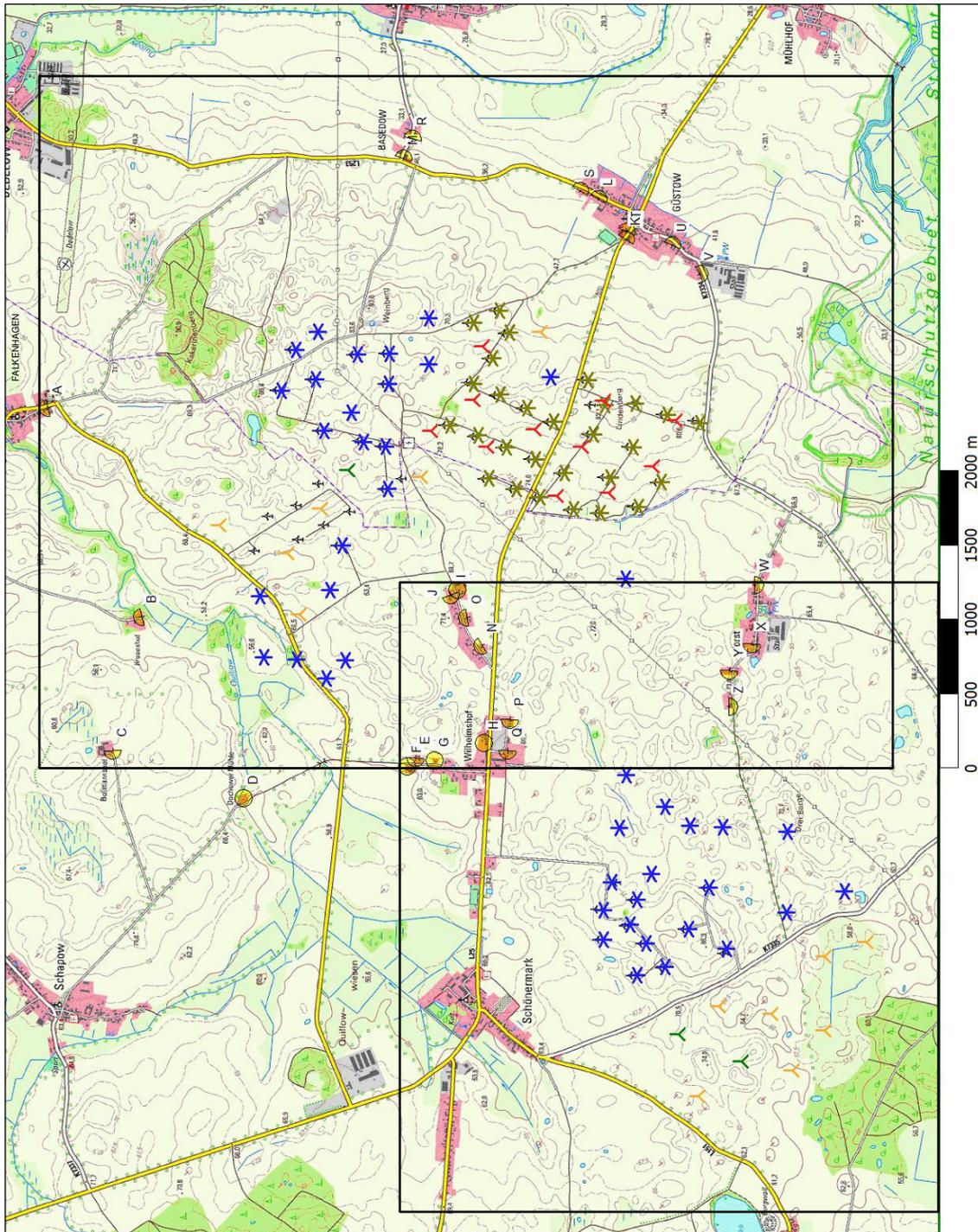
Im Umkreis der geplanten Windenergieanlagen befinden sich die Ortschaften Basedow und Güstow im Osten, Horst im Süden sowie Wilhelmshof im Westen. Die Auswahl der Immissionsorte erfolgte anhand der Ergebnisse einer Standortbesichtigung. Den Windenergieanlagen zugewandte Fronten der Wohnhäuser in den Ortschaften wurden im Modell exemplarisch als Schattenwurfrezeptoren definiert; die Ausdehnung der betrachteten Fläche beträgt jeweils $1 \times 1 \text{ m}^2$ (beispielhaft für ein Fenster) mit Ausrichtung zu den Windenergieanlagen. Sind an einem Gebäude Fenster sowohl im Erd- als auch im Obergeschoss vorhanden, wird das Fenster als Immissionsort definiert, an dem die höhere Schattenwurfimmission auftritt.

An den Immissionsorten F...I bestand die Möglichkeit von Schattenwurfimmissionen durch unterschiedliche Windenergieanlagen an jeweils aneinandergrenzenden Seiten des Hauses. Da nach Feststellung der örtlichen Gegebenheiten nicht davon ausgegangen werden konnte, dass die jeweiligen Fensterfronten nicht demselben schutzwürdigen Raum zuzuordnen sind, wurde an diesen Immissionsorten jeweils ein Schattenwurfrezeptor im sog. „Gewächshausmodus“ definiert, so dass sich die Schattenwurfimmissionen aus verschiedenen Richtungen kumulieren.

In den Ortschaften Wilhelmshof, Horst, Güstow und Basedow existieren neben den für die Berechnung definierten Immissionsorten noch weitere Wohnhäuser bzw. Gewerbebauten mit potentiellen Schattenwurfimmissionen; für die Beurteilung der Situation können die gewählten Immissionsorte jedoch als repräsentativ angesehen werden, wie die Darstellung des Einwirkungsbereichs der geplanten Anlage im Anhang 8.1 bzw. die Ergebniskarte der durchgeführten flächenhaften Berechnung der jährlichen Schattenwurfedauer im Anhang 8.5 belegt.

Die Lage der vorhandenen, genehmigten, beantragten und geplanten Windenergieanlagen und Immissionsorte sind in den nachfolgenden topografischen Karten gekennzeichnet. Die Positionen der geplanten Anlagen entsprechen der Vorgabe des Auftraggebers. Die entsprechenden Informationen zu den vorhandenen, genehmigten und beantragten Windenergieanlagen entsprechen den Vorgaben des LfU Brandenburg. Die Positionen von neun dieser vorhandenen Windenergieanlagen wurden anhand georeferenzierter Luftbilder in Rücksprache mit dem LfU Brandenburg angepasst, um einen möglichst realitätsnahen Datenbestand zu erzeugen.

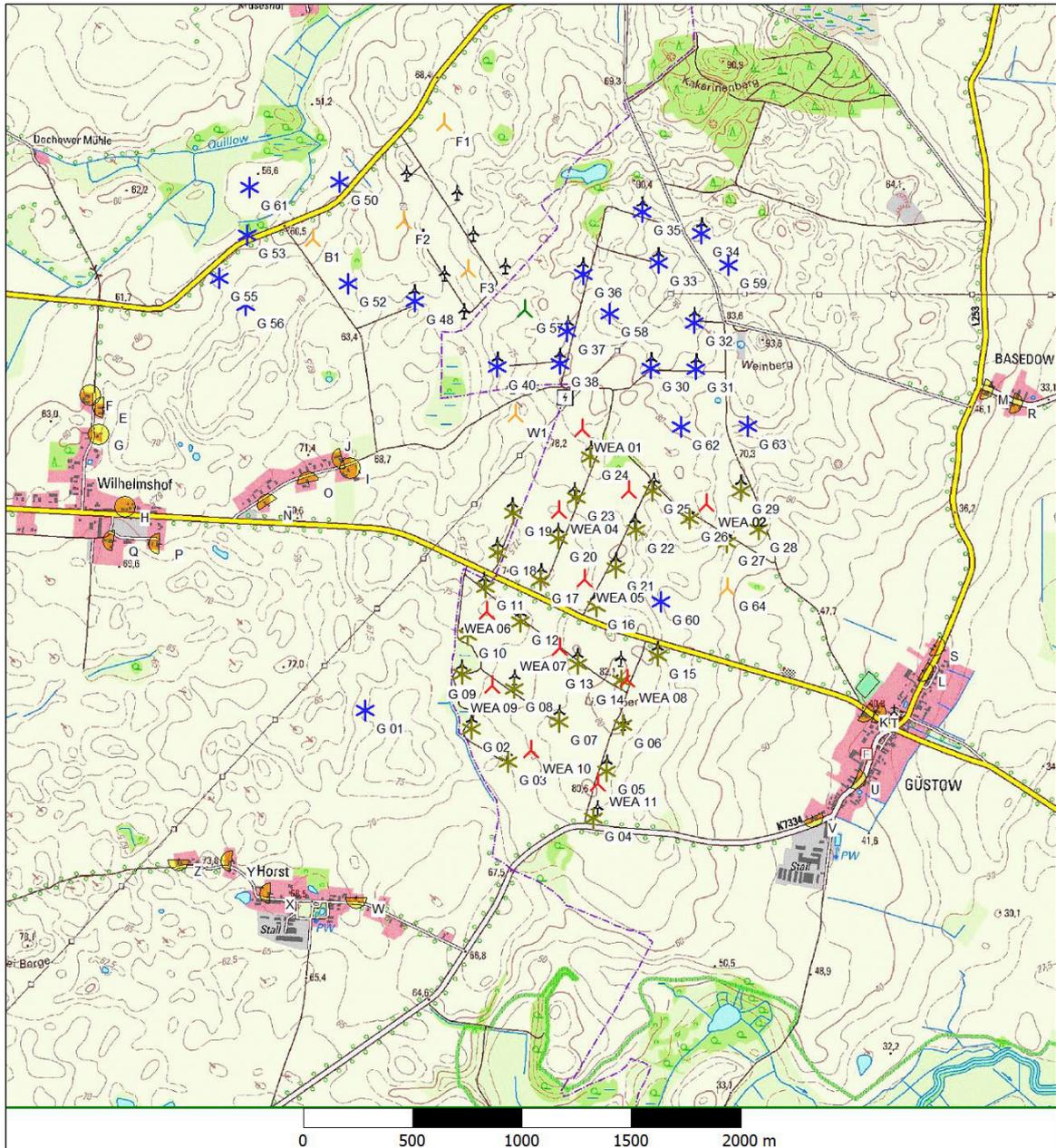
In der Topografischen Karte, die den Darstellungen zugrunde liegt, sind Windenergieanlagen durch schwarze Symbole dargestellt. Im Zuge mehrerer Repowering-Projekte wurden einige der so dargestellten Anlagen inzwischen abgebaut bzw. sind für den Rückbau vorgesehen und neue Anlagen sind beantragt bzw. bereits errichtet, deren Standorte noch nicht in der Kartengrundlage enthalten sind.



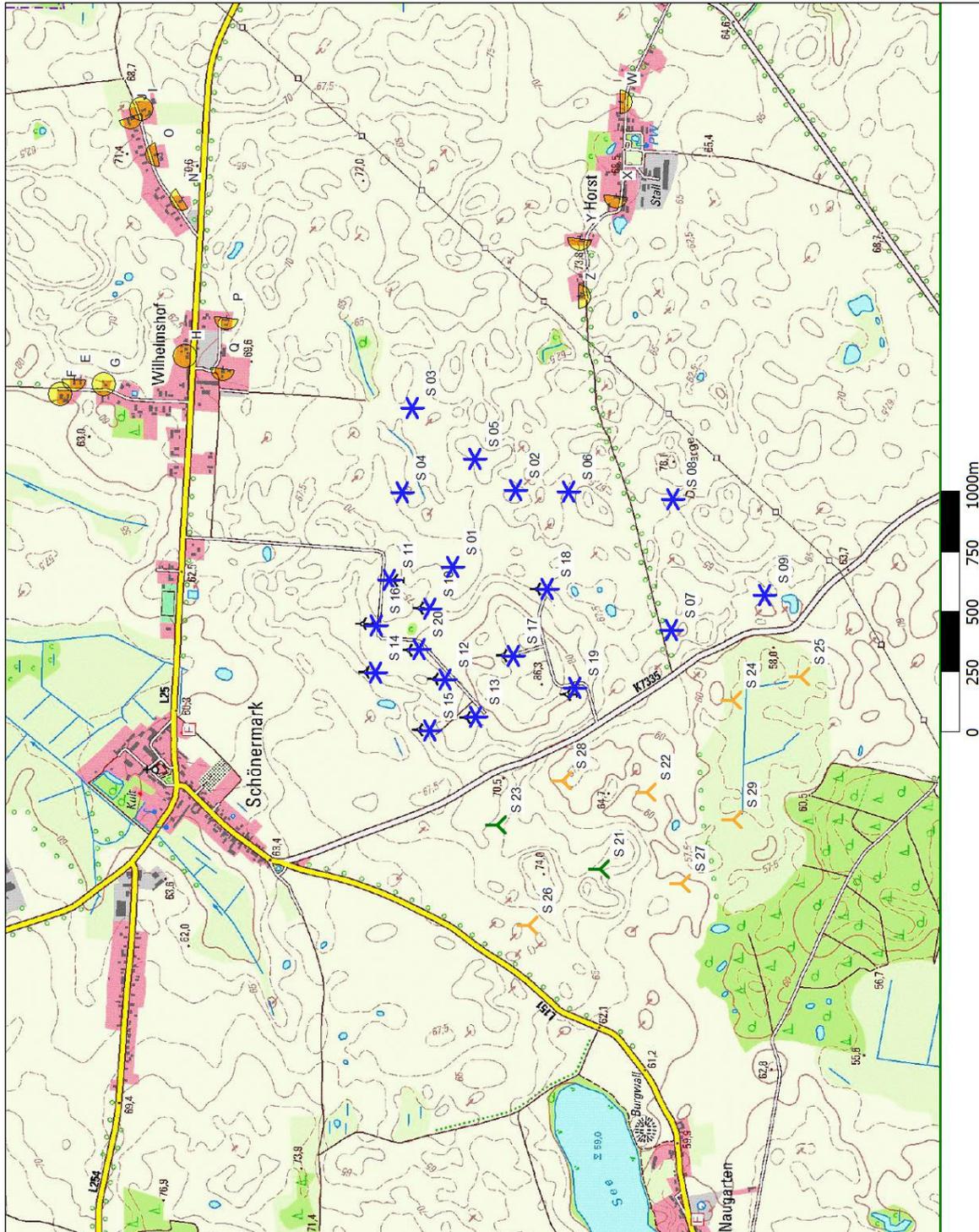
Topografische Karte der Windeignungsgebiete (WEG) Schönermark und Gústow mit Positionen der vorhandenen Windenergieanlagen (blaue Symbole), der genehmigten WEA (grüne Symbole), der beantragten WEA (orange Symbole), der rückzubauenen WEA (ockerfarbene Symbole), der geplanten WEA (rote Symbole) und der Immissionsorte (A..Z)²

Die mit einer schwarzen Linie umrandeten Bereiche werden in den Kartendarstellungen auf Seite 10 (WEG Gústow) und Seite 11 (WEG Schönermark) vergrößert dargestellt.

² Die Immissionsorte A...D werden in der Karte nur vollständigheitshalber aufgeführt und im vorliegenden Bericht aufgrund der großen Entfernung zu den geplanten Windenergieanlagen nicht berücksichtigt.



Topografische Karte des WEG Güstow mit Positionen der vorhandenen Windenergieanlagen (blaue Symbole), der genehmigten WEA (grünes Symbol), der beantragten WEA (orange Symbole), der rückzubauenen WEA (ockerfarbene Symbole), der geplanten WEA (rote Symbole) und der Immissionsorte E...Z



Topografische Karte des WEG Schönermark mit Positionen der vorhandenen Windenergieanlagen (blaue Symbole), der genehmigten WEA (grüne Symbole), der beantragten WEA (orange Symbole) und der Immissionsorte E...J, N...Q und W...Z

4.2 Technische Daten der Windenergieanlagen

Die für die Berechnung maßgeblichen Anlagendaten sind in nachfolgender Tabelle dargestellt:

Status	Anlagenbezeichnung	lfd. Nr. LfU	Anlagentyp	Nabenhöhe [m]	Rotordurchmesser [m]	Mittlere Blatttiefe [m]
vorhanden	NX 81112	G 01	NORDEX N100/2500	100	100	2,5
Rückbau beabsichtigt	R 48074...75, R 48078...92	G 02...10, G 12...15, G 23, G 24, G 28, G 29	BWU 48/600	75	48	1,5
	Güstow 01...06	G 11, G 16, G 18, G 21, G 22, G 25	FRISIA F48/750 kW	75	48	1,4
	V 65231...34	G 17, G 20, G 26, G 27	NEG MICON NM 750/48	70	48	1,5
	Wilhelmshof 01	G 19	ENERCON E-40/6.44	65	44	1,2
Rückbau beabsichtigt ³	Güstow 07	G 39	FRISIA F48/750 kW	75	48	1,4
vorhanden	E 482025...7	G 30...32	ENERCON E-48	76	48	1,5
	E 441160, E 44107, E 44312...15	G 33, G 35...38, G 40	ENERCON E-40/6.44	65	44	1,2
	E 826111, Güstow 29	G 34, G 60	ENERCON E-82 E2	138	82	2,4
Rückbau beabsichtigt ³	V 65075...81	G 41...47	NEG MICON NM 600-150/48	60	48	1,6
vorhanden	Wilhelmshof 02	G 48	ENERCON E-40/6.44	78	44	1,2
Rückbau beabsichtigt ³	V 22385...87	G 49, G 51, G 54	Vestas V52-850 kW	74	52	1,4
vorhanden	E 481813...16	G 50, G 52, G 53, G 55	ENERCON E-48	76	48	1,5
	Wilhelmshof 10, E 531608, E 531610	G 56, G 58, G 59	ENERCON E-53	73	53	1,5
genehmigt	Basedow 17	G 57	ENERCON E-53	73	53	1,5
vorhanden	Wilhelmshof 11	G 61	Vestas V112-3.3 MW	140	112	2,5
	Güstow 30...31	G 62, G 63	ENERCON E-92	138	92	2,2
beantragt	Güstow 32	G 64	ENERCON E-92	138	92	2,2
	Falkenhagen F1...3 Blohm B1	-	ENERCON E-126 EP4	135	126	3,1
	Wilhelmshof W1	-	ENERCON E-115 3.0 MW	135	115	3,0

³ Die mit dem Status „Rückbau beabsichtigt“ bezeichneten Anlagen G 39, G 41...47 sowie G 49, G 51 und G 54 werden hier nur zur Information aufgezählt. In den Lageplänen auf Seite 10 und 11 sowie bei der Berechnung der Immissionsbelastung werden sie nicht berücksichtigt, da sie gemäß der Vorgaben des Auftraggebers bei der geplanten Errichtung der WEA B1, F1...F3 und W1 zurückgebaut werden.

Status	Anlagenbezeichnung	lfd. Nr. LfU	Anlagentyp	Nabenhöhe [m]	Rotordurchmesser [m]	Mittlere Blatttiefe [m]	
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 5px;">vorhanden</div> <div style="margin-bottom: 5px;">genehmigt</div> <div style="margin-bottom: 5px;">beantragt</div> <div style="margin-bottom: 5px;">genehmigt</div> <div style="margin-bottom: 5px;">beantragt</div> </div>	Schönermark 13 Schönermark 14 E 531189... 91	S 01...05	ENERCON E-53	73	53	1,5	
	NX 81108...11	S 06...09	NORDEX N100/2500	100	100	2,5	
	R 48067...73	S 10...16	BWU 48/600	75	48	1,5	
	R 70121 R 70090...91	S 17...19	REpower MD 77	85	77	2,1	
	Schönermark 08	S 20	ENERCON E-40/6.44	65	44	1,2	
	Naugarten 01	S 21	Vestas V126-3.3 MW	137	126	2,5	
	Naugarten 02...04	S 22, S 26...27	Vestas V126-3.3 MW	137	126	2,5	
	Schönermark 15	S 23	Vestas V117-3.3 MW	141,5	117	2,5	
Gollmitz 08...11	S 24, S 25, S 28, S 29	eno 126-3.5	137	126	2,8		
Zusatz- belastung	geplant (BV1)	WEA 01...11	-	ENERCON E-141 EP4	159	141	2,7
	geplant (BV2)	WEA 01...11	-	NORDEX N131/3300	164	131	2,5

Tabelle 1: Angaben zu den WEA – Die Farbgebung der Statusangaben korrespondiert mit der entsprechenden Einfärbung der Symbole im Lageplan (Abschnitt 4.1)

5 Berechnungsergebnisse

5.1 Schattenwurfdauer für die definierten Rezeptoren

Die Berechnung der Vorbelastung an den 22 betrachteten Immissionsorten erfolgte zunächst unter Einbeziehung von 71 vorhandenen, drei genehmigten und 13 beantragten Anlagen (siehe Berechnungsbericht „gesamte Vorbelastung“ im Anhang 8.2).

In der nachfolgenden Tabelle sind die Jahressummen und die maximalen täglichen Werte der Schattenwurfdauer nach astronomischer („worst case“) Betrachtungsweise für die gesamte Vorbelastung verzeichnet.

Immissionsort	jährliche Schattenwurfdauer [hh:mm] „worst case“	maximale tägliche Schattenwurfdauer [min] „worst case“
E – Wilhelmshof, Schapower Weg 16	24:40	20
F – Wilhelmshof, Schapower Weg 15	31:40	30
G – Wilhelmshof, Schapower Weg 12	14:53	17
H – Wilhelmshof, Güstower Straße 14	15:49	17
I – Wilhelmshof, Basedower Weg 14	59:39	35
J – Wilhelmshof, Basedower Weg 13	47:21	34
K – Güstow, Am Lindenberg 46	17:26	20
L – Güstow, Am Lindenberg 60	26:44	23
M – Basedow, Am Weinberg 3	24:07	27
N – Wilhelmshof, Basedower Weg 2	12:52	23
O – Wilhelmshof, Basedower Weg 8	9:21	12
P – Wilhelmshof, Am Gutsweg 1	13:49	20
Q – Wilhelmshof, Am Gutsweg 7	8:34	17
R – Basedow, Am Weinberg 5	8:59	17
S – Güstow, Am Lindenberg 69	19:35	22
T – Güstow, Am Lindenberg 48	18:50	19
U – Güstow, Am Lindenberg 34 / 35	0:00	0
V – Güstow, Am Lindenberg 28	9:10	12
W – Horst, Lindendamm 6	1:54	12
X – Horst, Lindendamm 24 / 26	0:00	0
Y – Horst, Lindendamm 30	0:00	0
Z – Horst, Lindendamm 34	32:54	37

Tabelle 2: Schattenwurfimmissionen – **gesamte Vorbelastung**

Anschließend wurde die geplante Reduzierung der Vorbelastung betrachtet. Es ist vorgesehen, 28 der vorhandenen Anlagen zurückzubauen und an deren Stelle elf neue WEA zu errichten. Daraus ergibt sich eine reduzierte Vorbelastung von 43 vorhandenen, drei genehmigten und 13 beantragten Anlagen (siehe auch Berechnungsbericht „reduzierte Vorbelastung“ im Anhang 8.2).

In der nachfolgenden Tabelle sind die Jahressummen und die maximalen täglichen Werte der Schattenwurfdauer nach astronomischer („worst case“) Betrachtungsweise für die reduzierte Vorbelastung dargestellt.

Immissionsort	jährliche Schattenwurfdauer [hh:mm] „worst case“	maximale tägliche Schattenwurfdauer [min] „worst case“
E – Wilhelmshof, Schapower Weg 16	24:40	20
F – Wilhelmshof, Schapower Weg 15	31:40	30
G – Wilhelmshof, Schapower Weg 12	14:53	17
H – Wilhelmshof, Güstower Straße 14	15:49	17
I – Wilhelmshof, Basedower Weg 14	42:50	35
J – Wilhelmshof, Basedower Weg 13	36:19	34
K – Güstow, Am Lindenberg 46	14:39	20
L – Güstow, Am Lindenberg 60	26:44	23
M – Basedow, Am Weinberg 3	24:07	27
N – Wilhelmshof, Basedower Weg 2	12:52	23
O – Wilhelmshof, Basedower Weg 8	0:00	0
P – Wilhelmshof, Am Gutsweg 1	13:49	20
Q – Wilhelmshof, Am Gutsweg 7	8:34	17
R – Basedow, Am Weinberg 5	8:59	17
S – Güstow, Am Lindenberg 69	15:14	22
T – Güstow, Am Lindenberg 48	16:26	19
U – Güstow, Am Lindenberg 34 / 35	0:00	0
V – Güstow, Am Lindenberg 28	0:00	0
W – Horst, Lindendamm 6	1:54	12
X – Horst, Lindendamm 24 / 26	0:00	0
Y – Horst, Lindendamm 30	0:00	0
Z – Horst, Lindendamm 34	32:54	37

Tabelle 3: Schattenwurfimmissionen – **reduzierte Vorbelastung**

In den nachfolgenden Tabellen sind jeweils für die Berechnungsvarianten BV1 und BV2 die Jahressummen und die maximalen täglichen Werte der Schattenwurfdauer nach astronomischer („worst case“) Betrachtungsweise für die Zusatzbelastung dargestellt.

Immissionsort	jährliche Schattenwurfdauer [hh:mm] „worst case“	maximale tägliche Schattenwurfdauer [min] „worst case“
E – Wilhelmshof, Schapower Weg 16	0:00	0
F – Wilhelmshof, Schapower Weg 15	0:00	0
G – Wilhelmshof, Schapower Weg 12	0:00	0
H – Wilhelmshof, Güstower Straße 14	5:55	19
I – Wilhelmshof, Basedower Weg 14	138:10	70
J – Wilhelmshof, Basedower Weg 13	127:00	67
K – Güstow, Am Lindenberg 46	87:22	57
L – Güstow, Am Lindenberg 60	48:12	41
M – Basedow, Am Weinberg 3	15:45	38
N – Wilhelmshof, Basedower Weg 2	71:15	36
O – Wilhelmshof, Basedower Weg 8	99:48	48
P – Wilhelmshof, Am Gutsweg 1	14:11	21
Q – Wilhelmshof, Am Gutsweg 7	5:47	19
R – Basedow, Am Weinberg 5	13:21	37
S – Güstow, Am Lindenberg 69	58:05	37
T – Güstow, Am Lindenberg 48	76:08	44
U – Güstow, Am Lindenberg 34 / 35	68:26	46
V – Güstow, Am Lindenberg 28	58:55	55
W – Horst, Lindendamm 6	31:44	28
X – Horst, Lindendamm 24 / 26	33:41	26
Y – Horst, Lindendamm 30	32:07	23
Z – Horst, Lindendamm 34	28:58	22

Tabelle 4: Schattenwurfimmissionen – **Zusatzbelastung** der Berechnungsvariante **BV1**

Immissionsort	jährliche Schattenwurfdauer [hh:mm] „worst case“	maximale tägliche Schattenwurfdauer [min] „worst case“
E – Wilhelmshof, Schapower Weg 16	0:00	0
F – Wilhelmshof, Schapower Weg 15	0:00	0
G – Wilhelmshof, Schapower Weg 12	0:00	0
H – Wilhelmshof, Güstower Straße 14	0:00	0
I – Wilhelmshof, Basedower Weg 14	121:42	67
J – Wilhelmshof, Basedower Weg 13	111:31	65
K – Güstow, Am Lindenberg 46	71:29	44
L – Güstow, Am Lindenberg 60	41:04	38
M – Basedow, Am Weinberg 3	13:33	35
N – Wilhelmshof, Basedower Weg 2	62:30	35
O – Wilhelmshof, Basedower Weg 8	85:39	43
P – Wilhelmshof, Am Gutsweg 1	12:15	20
Q – Wilhelmshof, Am Gutsweg 7	0:00	0
R – Basedow, Am Weinberg 5	6:55	20
S – Güstow, Am Lindenberg 69	44:20	25
T – Güstow, Am Lindenberg 48	49:37	42
U – Güstow, Am Lindenberg 34 / 35	54:58	43
V – Güstow, Am Lindenberg 28	42:59	48
W – Horst, Lindendamm 6	28:18	26
X – Horst, Lindendamm 24 / 26	29:07	24
Y – Horst, Lindendamm 30	15:15	22
Z – Horst, Lindendamm 34	25:33	20

Tabelle 5: Schattenwurfimmissionen – **Zusatzbelastung** der Berechnungsvariante **BV2**

Auf Basis der reduzierten Vorbelastung wurde abschließend unter Berücksichtigung der Zusatzbelastung durch die elf geplanten Anlagen für beide Berechnungsvarianten die jeweils zu erwartende Gesamtbelastung bestimmt. Die Jahressummen und die maximalen täglichen Werte der Schattenwurfdauer nach astronomischer („worst case“) Betrachtungsweise sind für die Gesamtbelastung der 43 vorhandenen, drei genehmigten, 13 beantragten und elf geplanten Windenergieanlagen in den folgenden Tabellen für beide Berechnungsvarianten dargestellt.

Immissionsort	jährliche Schattenwurfdauer [hh:mm] „worst case“	maximale tägliche Schattenwurfdauer [min] „worst case“
E – Wilhelmshof, Schapower Weg 16	24:40	20
F – Wilhelmshof, Schapower Weg 15	31:40	30
G – Wilhelmshof, Schapower Weg 12	14:53	17
H – Wilhelmshof, Güstower Straße 14	21:44	19
I – Wilhelmshof, Basedower Weg 14	179:56	70
J – Wilhelmshof, Basedower Weg 13	163:04	67
K – Güstow, Am Lindenberg 46	95:58	57
L – Güstow, Am Lindenberg 60	70:16	41
M – Basedow, Am Weinberg 3	39:53	38
N – Wilhelmshof, Basedower Weg 2	84:07	36
O – Wilhelmshof, Basedower Weg 8	99:48	48
P – Wilhelmshof, Am Gutsweg 1	28:00	21
Q – Wilhelmshof, Am Gutsweg 7	14:21	19
R – Basedow, Am Weinberg 5	22:20	37
S – Güstow, Am Lindenberg 69	70:38	37
T – Güstow, Am Lindenberg 48	87:48	44
U – Güstow, Am Lindenberg 34 / 35	68:26	46
V – Güstow, Am Lindenberg 28	58:55	55
W – Horst, Lindendamm 6	33:38	28
X – Horst, Lindendamm 24 / 26	33:41	26
Y – Horst, Lindendamm 30	32:07	23
Z – Horst, Lindendamm 34	61:52	39

Tabelle 6: Schattenwurfimmissionen – **Gesamtbelastung** der Berechnungsvariante **BV1**

Immissionsort	jährliche Schattenwurfdauer [hh:mm] „worst case“	maximale tägliche Schattenwurfdauer [min] „worst case“
E – Wilhelmshof, Schapower Weg 16	24:40	20
F – Wilhelmshof, Schapower Weg 15	31:40	30
G – Wilhelmshof, Schapower Weg 12	14:53	17
H – Wilhelmshof, Güstower Straße 14	15:49	17
I – Wilhelmshof, Basedower Weg 14	163:52	67
J – Wilhelmshof, Basedower Weg 13	147:48	65
K – Güstow, Am Lindenberg 46	80:57	44
L – Güstow, Am Lindenberg 60	63:12	38
M – Basedow, Am Weinberg 3	37:40	35
N – Wilhelmshof, Basedower Weg 2	75:22	35
O – Wilhelmshof, Basedower Weg 8	85:39	43
P – Wilhelmshof, Am Gutsweg 1	26:04	20
Q – Wilhelmshof, Am Gutsweg 7	8:34	17
R – Basedow, Am Weinberg 5	15:54	20
S – Güstow, Am Lindenberg 69	57:02	25
T – Güstow, Am Lindenberg 48	61:48	42
U – Güstow, Am Lindenberg 34 / 35	54:58	43
V – Güstow, Am Lindenberg 28	42:59	48
W – Horst, Lindendamm 6	30:12	26
X – Horst, Lindendamm 24 / 26	29:07	24
Y – Horst, Lindendamm 30	15:15	22
Z – Horst, Lindendamm 34	58:27	37

Tabelle 7: Schattenwurfimmissionen – **Gesamtbelastung** der Berechnungsvariante **BV2**

Nähere Angaben sind den Berechnungsberichten der Prognosesoftware im Anhang 8.2 zu entnehmen.

5.2 Beurteilung der Berechnungsergebnisse

Die Beurteilung der Berechnungsergebnisse erfolgt anhand der *Leitlinie zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Leitlinie)* [7]. In diesen Hinweisen wird eine Schattenwurfdauer an einem Immissionsort von *jährlich maximal 30 h* und *täglich maximal 30 min* als zumutbar eingeschätzt. Zu beachten ist, dass sich die Werte auf eine rein astronomisch fundierte Berechnung ohne Berücksichtigung meteorologischer Gesichtspunkte beziehen.

Durch die vorhandenen, genehmigten und beantragten Anlagen der **gesamten Vorbelastung** können an den Immissionsorten E...T, V, W und Z Schattenwurfimmissionen auftreten, wobei die genannten Richtwertempfehlungen für die kumulierte jährliche und die maximale tägliche Schattenwurfdauer an den Immissionsorten E, G, H, K...T, V und W unterschritten werden. Am Immissionsort F kommt es zur Überschreitung der kumulierten jährlichen Schattenwurfdauer; an den Immissionsorten I, J und Z werden die Richtwertempfehlungen für die kumulierte jährliche und die maximale tägliche Schattenwurfdauer bereits durch die Vorbelastung überschritten. Die Überschreitungen sind in der Tabelle 2 grau hinterlegt.

Die Immissionswerte der **Gesamtbelastung** der Berechnungsvariante **BV1** entsprechen an den Immissionsorten E...G denen der gesamten Vorbelastung, d.h. an diesen Immissionsorten tritt kein für die Beurteilung der Situation relevanter Schattenwurf durch die geplanten Anlagen der Zusatzbelastung auf (siehe auch grafische Darstellung des Einwirkungsbereichs der geplanten Anlagen der Berechnungsvariante BV1 im Anhang 8.1 sowie die Berechnungsergebnisse der Zusatzbelastung BV1 im Anhang 8.2).

An allen weiteren Immissionsorten steigen die Werte der Immissionsbelastung durch die Hinzunahme der Anlagen der Zusatzbelastung an bzw. treten nun Schattenwurfimmissionen auf, wobei an den Immissionsorten H, P und Q die Immissionsrichtwerte für die kumulierte jährliche und die maximale tägliche Schattenwurfdauer weiterhin unterschritten werden. An den Immissionsorten I, J und Z – an denen es bereits durch die gesamte Vorbelastung zu Überschreitungen der Richtwertempfehlungen kommt – nimmt die kumulierte jährliche Schattenwurfdauer durch die geplanten Anlagen weiter zu. An den Immissionsorten W...Y kommt es nun zur Überschreitung des Richtwertes für die kumulierte jährliche Schattenwurfdauer; am Immissionsort R wird der Immissionsrichtwert für die maximale tägliche Schattenwurfdauer überschritten. Zudem kommt es an den Immissionsorten K...O und S...V ebenfalls zu Überschreitungen beider Immissionsrichtwerte. Die Überschreitungen sind in der Tabelle 6 grau hinterlegt.

Die Immissionswerte der **Gesamtbelastung** der Berechnungsvariante **BV2** entsprechen an den Immissionsorten E...H und Q denen der gesamten Vorbelastung, d.h. an diesen Immissionsorten tritt kein für die Beurteilung der Situation relevanter Schattenwurf durch die geplanten Anlagen der Zusatzbelastung auf (siehe auch grafische Darstellung des Einwirkungsbereichs der geplanten Anlagen der Berechnungsvariante BV2 im Anhang 8.1 sowie die Berechnungsergebnisse der Zusatzbelastung BV2 im Anhang 8.2).

An allen weiteren Immissionsorten steigen die Werte der Immissionsbelastung durch die Hinzunahme der Anlagen der Zusatzbelastung an bzw. treten nun Schattenwurfimmissionen auf, wobei an den Immissionsorten P, R, X und Y die Immissionsrichtwerte für die kumulierte jährliche und die maximale tägliche Schattenwurfdauer weiterhin unterschritten werden. An den Immissionsorten I, J und Z – an denen es bereits durch die gesamte Vorbelastung zu Überschreitungen der Richtwertempfehlungen kommt – nimmt die kumulierte jährliche Schattenwurfdauer durch die geplanten Anlagen weiter zu. An den Immissionsorten S und W kommt es nun zur Überschreitung des Richtwertes für die kumulierte jährliche Schattenwurfdauer. Zudem werden an den Immissionsorten K...O und T...V nun ebenfalls beide Immissionsrichtwerte überschritten. Die Überschreitungen sind in der Tabelle 7 grau hinterlegt.

In den nachfolgenden Tabellen sind für beide Berechnungsvarianten die an den betrachteten Immissionsorten auftretenden Schattenwurfimmissionen hinsichtlich des Zeitraums der Beschattung im Jahres- und Tagesverlauf sowie die den Schattenwurf verursachenden WEA zusammengefasst (geplante WEA sind kursiv gedruckt).

Immissionsort	Zeitraum der Beschattung	Verursachende WEA
H – Wilhelmshof, Güstower Straße 14	Morgenstunden Januar bis April und Juni bis November	F3, G 01, W1 WEA 06
I – Wilhelmshof, Basedower Weg 14	Morgen- und Vormittagsstunden ganzjährig	W1, G 40, G 60 WEA 01...10
J – Wilhelmshof, Basedower Weg 13	Morgen- und Vormittagsstunden ganzjährig	W1, G 40 WEA 01...10
K – Güstow, Am Lindenberg 46	Nachmittags- und Abendstunden März bis Oktober	G 60 WEA 04...11
L – Güstow, Am Lindenberg 60	Nachmittags- und Abendstunden Februar bis Oktober	G 60, G 64 WEA 03, WEA 05, WEA 07, WEA 08, WEA 11
M – Basedow, Am Weinberg 3	Nachmittags- und Abendstunden Januar bis März, Mai bis Juli und September bis November	G 34, G 62...64 WEA 02, WEA 03
N – Wilhelmshof, Basedower Weg 2	Morgenstunden Januar bis Mai und Juli bis November	W1 WEA 01, WEA 03...07, WEA 09, WEA 10
O – Wilhelmshof, Basedower Weg 8	Morgenstunden August bis Mai	WEA 01, WEA 03...10
P – Wilhelmshof, Am Gutsweg 1	Morgenstunden Januar bis Mai und August bis November	G 01, W1 WEA 06, WEA 09
Q – Wilhelmshof, Am Gutsweg 7	Morgenstunden Februar bis Mai und August bis November	G 01, W1 WEA 06
R – Basedow, Am Weinberg 5	Nachmittags- und Abendstunden Februar bis April und September bis November	G 63, G 64 WEA 02, WEA 03
S – Güstow, Am Lindenberg 69	Nachmittags- und Abendstunden Februar bis Oktober	G 60, G 64 WEA 02, WEA 03, WEA 05, WEA 07, WEA 08, WEA 11
T – Güstow, Am Lindenberg 48	Nachmittags- und Abendstunden März bis Oktober	G 60 WEA 04, WEA 05, WEA 07...11
U – Güstow, Am Lindenberg 34 / 35	Abendstunden März bis September	WEA 07...11
V – Güstow, Am Lindenberg 28	Abendstunden April bis August	WEA 06, WEA 07, WEA 09...11
W – Horst, Lindendamm 6	Morgenstunden Mai bis Juli	WEA 11
	Abendstunden April und September	S 06
X – Horst, Lindendamm 24 / 26	Morgenstunden April bis August	WEA 10, WEA 11
Y – Horst, Lindendamm 30	Morgenstunden April bis August	WEA 07, WEA 09...11
Z – Horst, Lindendamm 34	Morgenstunden April bis August	WEA 09, WEA 10
	Abendstunden März und September	S 02, S 05, S 06, S 18

Tabelle 8: Auftretende Schattenwurfimmissionen an den Immissionsorten und verursachende WEA der Berechnungsvariante BV1

Immissionsort	Zeitraum der Beschattung	Verursachende WEA
I – Wilhelmshof, Basedower Weg 14	Morgen- und Vormittagsstunden ganzjährig	W1, G 40, G 60 WEA 01...10
J – Wilhelmshof, Basedower Weg 13	Morgen- und Vormittagsstunden ganzjährig	W1, G 40 WEA 01...10
K – Güstow, Am Lindenberg 46	Nachmittags- und Abendstunden März bis Oktober	G 60 WEA 04, WEA 05, WEA 07...11
L – Güstow, Am Lindenberg 60	Nachmittags- und Abendstunden Februar bis Oktober	G 60, G 64 WEA 03, WEA 05, WEA 07, WEA 08, WEA 11
M – Basedow, Am Weinberg 3	Nachmittags- und Abendstunden Januar bis März, Mai bis Juli und September bis November	G 34, G 62...64 WEA 02, WEA 03
N – Wilhelmshof, Basedower Weg 2	Morgenstunden Januar bis Mai und Juli bis November	W1 WEA 01, WEA 03...07, WEA 09, WEA 10
O – Wilhelmshof, Basedower Weg 8	Morgenstunden August bis Mai	WEA 01, WEA 03...07, WEA 09, WEA 10
P – Wilhelmshof, Am Gutsweg 1	Morgenstunden Januar bis Mai und August bis November	G 01, W1 WEA 06, WEA 09
R – Basedow, Am Weinberg 5	Nachmittags- und Abendstunden Februar bis April und September bis November	G 63, G 64 WEA 02
S – Güstow, Am Lindenberg 69	Abendstunden Februar bis Oktober	G 60, G 64 WEA 02, WEA 03, WEA 05, WEA 08, WEA 11
T – Güstow, Am Lindenberg 48	Nachmittags- und Abendstunden März bis Oktober	G 60 WEA 05, WEA 07, WEA 08, WEA 10, WEA 11
U – Güstow, Am Lindenberg 34 / 35	Abendstunden März bis September	WEA 07, WEA 08, WEA 10, WEA 11
V – Güstow, Am Lindenberg 28	Abendstunden April bis August	WEA 07, WEA 09...11
W – Horst, Lindendamm 6	Morgenstunden Mai bis Juli	WEA 11
	Abendstunden April und September	S 06
X – Horst, Lindendamm 24 / 26	Morgenstunden April bis August	WEA 10, WEA 11
Y – Horst, Lindendamm 30	Morgenstunden Mai bis August	WEA 09, WEA 10
Z – Horst, Lindendamm 34	Morgenstunden April bis August	WEA 09, WEA 10
	Abendstunden März und September	S 02, S 05, S 06, S 18

Tabelle 9: Auftretende Schattenwurfimmissionen an den Immissionsorten und verursachende WEA der Berechnungsvariante BV2

Da die Überschreitung der Richtwertempfehlungen am Immissionsort F nur von den Anlagen der Vorbelastung verursacht wird, kann die Einhaltung der genannten Richtwertempfehlungen an diesem Immissionsort nicht durch technische Maßnahmen an den geplanten Anlagen sichergestellt werden. Es sei hier auf die in der Aufgabenstellung zitierten Schattenwurfgutachten vom 05.04.2016 (Berichtsnummer: S-IBK-7490416, WEA F1...F3), vom 08.04.2016 (Berichtsnummer: S-IBK-7920416, WEA B1) und vom 27.04.2016 (Berichtsnummer: S-IBK-7940416-Rev.1, WEA W1) verwiesen, in denen entsprechende Vorgaben zur Einhaltung der Immissionsrichtwerte genannt sind.

Einschätzung Berechnungsvariante BV1

Da es durch die geplanten Anlagen der Berechnungsvariante BV1 zur Überschreitung des Immissionsrichtwertes bezüglich der kumulierten jährlichen Schattenwurfdauer an den Immissionsorten W...Y, zur Überschreitung des Immissionsrichtwertes bezüglich der maximalen täglichen Schattenwurfdauer am Immissionsort R sowie zur Überschreitung der Immissionsrichtwerte bezüglich der kumulierten jährlichen und maximalen täglichen Schattenwurfdauer an den Immissionsorten I...O, S...V und Z kommt, sollte die Unterschreitung der Immissionsrichtwertempfehlungen an den o.g. Immissionsorten durch technische Maßnahmen gewährleistet werden.

Mehrere marktgängige technische Lösungen können garantieren, dass die den Schattenwurf verursachenden Windenergieanlagen in kritischen Zeiträumen außer Betrieb genommen werden. Sie bestehen aus einer Ergänzung der Anlagensteuerung mit einprogrammierten Anlagen- und Nachbarpositionen, die in Verbindung mit einem Strahlungssensor die Abschaltung der Anlage(n) veranlassen.

Um die Einhaltung der Immissionsrichtwertempfehlungen an den Immissionsorten K...O und R...Y sicher gewährleisten sowie eine weitere Zunahme der Schattenwurfimmissionen an den Immissionsorten I, J und Z – an denen zumindest von einer Ausschöpfung der Immissionsrichtwerte durch die Anlagen der Vorbelastung ausgegangen werden muss – sicher vermeiden zu können, sind **die elf geplanten Anlagen mit der Bezeichnung WEA 01 bis WEA 11 mit einer solchen Abschaltvorrichtung auszustatten.**

Durch den Anlagenbetreiber ist sicherzustellen, dass bei Einsatz dieser hier beschriebenen technischen Abschaltvorrichtungen sowohl die einprogrammierten Positionen der Windenergieanlagen als auch sämtlicher kritischer Immissionsorte mit möglicher Überschreitung von Immissionsrichtwertempfehlungen mit der Realität übereinstimmen. Die Parametrierung der Abschaltmodule auf eine tatsächliche Beschattungsdauer von *maximal 8 h pro Jahr* (bei Berücksichtigung meteorologischer Parameter, wie z.B. der Intensität des Sonnenlichtes) bzw. auf eine astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer von 30 h pro Jahr (bei Nichtberücksichtigung meteorologischer Parameter) sowie *maximal 30 min pro Tag* ist in den Richtlinien [3] festgehalten. In den elf geplanten Anlagen WEA 01 bis WEA 11 sind die zu installierenden Schattenwurfabschaltmodule so zu parametrieren, dass an den kritischen Immissionsorten I, J und Z kein weiterer Schattenwurf verursacht sowie an den Immissionsorten K...O, R...Y und an benachbart gelegenen Häusern das Ansteigen der Schattenwurfbelastung über die Immissionsrichtwerte hinaus unter Berücksichtigung der Vorbelastung vermieden wird.

Darüber hinaus bestehen weitere Möglichkeiten des Schutzes vor Schatteneinwirkungen wie z.B. Baumpflanzungen.

Einschätzung Berechnungsvariante BV2

Da es durch die geplanten Anlagen der Berechnungsvariante BV2 zur Überschreitung des Immissionsrichtwertes bezüglich der kumulierten jährlichen Schattenwurfdauer an den Immissionsorten S und W sowie zur Überschreitung der Immissionsrichtwerte bezüglich der kumulierten jährlichen und maximalen täglichen Schattenwurfdauer an den Immissionsorten I...O, T...V und Z kommt, sollte die Unterschreitung der Immissionsrichtwertempfehlungen an den o.g. Immissionsorten durch technische Maßnahmen gewährleistet werden.

Mehrere marktgängige technische Lösungen können garantieren, dass die den Schattenwurf verursachenden Windenergieanlagen in kritischen Zeiträumen außer Betrieb genommen werden. Sie bestehen aus einer Ergänzung der Anlagensteuerung mit einprogrammierten Anlagen- und Nachbarpositionen, die in Verbindung mit einem Strahlungssensor die Abschaltung der Anlage(n) veranlassen.

Um die Einhaltung der Immissionsrichtwertempfehlungen an den Immissionsorten K...O und S...W sicher gewährleisten sowie eine weitere Zunahme der Schattenwurfimmissionen an den Immissionsorten I, J und Z – an denen zumindest von einer Ausschöpfung der Immissionsrichtwerte durch die Anlagen der Vorbelastung ausgegangen werden muss – sicher vermeiden zu können, sind **die elf geplanten Anlagen mit der Bezeichnung WEA 01 bis WEA 11 mit einer solchen Abschaltvorrichtung auszustatten.**

Durch den Anlagenbetreiber ist sicherzustellen, dass bei Einsatz dieser hier beschriebenen technischen Abschaltvorrichtungen sowohl die einprogrammierten Positionen der Windenergieanlagen als auch sämtlicher kritischer Immissionsorte mit möglicher Überschreitung von Immissionsrichtwertempfehlungen mit der Realität übereinstimmen. Die Parametrierung der Abschaltmodule auf eine tatsächliche Beschattungsdauer von *maximal 8 h pro Jahr* (bei Berücksichtigung meteorologischer Parameter, wie z.B. der Intensität des Sonnenlichtes) bzw. auf eine astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer von 30 h pro Jahr (bei Nichtberücksichtigung meteorologischer Parameter) sowie *maximal 30 min pro Tag* ist in den Richtlinien [3] festgehalten. In den elf geplanten Anlagen WEA 01 bis WEA 11 sind die zu installierenden Schattenwurfabschaltmodule so zu parametrieren, dass an den kritischen Immissionsorten I, J und Z kein weiterer Schattenwurf verursacht sowie an den Immissionsorten K...O, S...W und an benachbart gelegenen Häusern das Ansteigen der Schattenwurfbelastung über die Immissionsrichtwerte hinaus unter Berücksichtigung der Vorbelastung vermieden wird. Darüber hinaus bestehen weitere Möglichkeiten des Schutzes vor Schatteneinwirkungen wie z.B. Baumpflanzungen.

6 Schlussbemerkungen

Bei der im vorliegenden Schattenwurfgutachten durchgeführten „worst case“-Betrachtung kann wegen des eindeutigen Charakters des Formelwerks zur Berechnung der Sonnenbahn von einer hohen Sicherheit der Prognosewerte ausgegangen werden. Trotz des Vorliegens von wissenschaftlich fundierten Untersuchungen kann eine Belästigungsfreiheit während der prognostizierten Schattenwurfperioden nicht garantiert werden. Nach derzeitigem Kenntnisstand können jedoch erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen durch die Schattenwurfimmissionen bei Einhaltung der Immissionsrichtwertempfehlungen ausgeschlossen werden.

Die im Schattenwurfgutachten gegebenen Informationen sind nicht dazu geeignet, als Grundlage der Parametrierung etwa zu installierender Schattenwurfabschaltmodule zu dienen. Hierzu ist eine exakte Vermessung der Positionen der Immissionsflächen und Windenergieanlagen (z.B. mit DGPS-Empfänger) erforderlich.

Matthias Schreier

Bearbeiter: M. Sc. Matthias Schreier
Projektleiter

Barbara Schmidt

überprüft: Dipl.- Ing. Barbara Schmidt
Projektingenieur

7 Literaturhinweise

- [1] Pohl, J., F. Faul und R. Mausfeld (1999): Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen. - Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. – u.a. in: „Materialien zur Umwelt“, Heft 4/1999, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie des Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern.
- [2] Staatliches Umweltamt Schleswig (1998): Ergebnisprotokoll der 2. Besprechung über Windkraftanlagen (WKA) am 04.09.1998 im Staatlichen Umweltamt Schleswig. – Schleswig, 06.10.1998 (unveröffentlicht).
- [3] Staatliches Umweltamt Schleswig (2002): Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise). – Schleswig, 13.03.2002 (unveröffentlicht).
- [4] Freund, H.-D. (2002): Einflüsse der Lufttrübung, der Sonnenausdehnung und der Flügelform auf den Schattenwurf von Windenergieanlagen. – DEWI Magazin, Nr. 20, Februar 2002. 43-51.
- [5] Freund, H.-D. (2006): Genauigkeit der prognostizierten Schattenwurfzeit – Ein Vergleich mit real gemessenen Schattenzeiten. – 7. Workshop über optische Einwirkungen von WEAn, Staatliches Umweltamt Schleswig, 03.11.2006.
- [6] Gemeinsame Handlungsempfehlung des Sächsischen Staatsministeriums des Innern und des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft zur Zulassung von Windenergieanlagen. – Dresden, 07.09.2011.
- [7] Leitlinie des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Leitlinie). – Potsdam, 24.03.2003.
- [8] Quaschnig, V. (2006): Regenerative Energiesysteme: Technologie – Berechnung – Simulation. – 4., neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Hanser, München.
- [9] Schlez, W., A. Peel und A. Neubert (2012): Shadow flicker validation and mitigation. – Posterpräsentation bei der DEWEK am 07./08.11.2012. – In: Proceedings DEWEK 2012 – German Wind Energy Conference. – Bremen, 07./08.11.2012.
- [10] Bayerische Staatsministerien des Innern, für Wissenschaft, Forschung und Kunst, der Finanzen, für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie, für Umwelt und Gesundheit sowie für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2011): Hinweise zur Planung und Genehmigung von Windkraftanlagen (WKA). – 2129.1-UG, 20.12.2011.
- [11] Ministerium für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung, Ministerium der Finanzen, Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten und Ministerium des Innern, für Sport und Infrastruktur Rheinland-Pfalz (2013): Hinweise für die Beurteilung der Zulässigkeit der Errichtung von Windenergieanlagen in Rheinland-Pfalz (Rundschreiben Windenergie). – 28.05.2013.
- [12] Windkraftanlagen im Land Brandenburg. – Publikation des Landesamts für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg, Potsdam, URL: <http://www.mugv.brandenburg.de/luas/gis/wka.zip> – 01.01.2016.