

Schattenwurfprognose für  
sieben Windenergieanlagen  
am Standort  
**Müncheberg**  
(Brandenburg)

Datum: 21.06.2023

Bericht Nr. 23-1-3079-000-SBo

Auftraggeber:

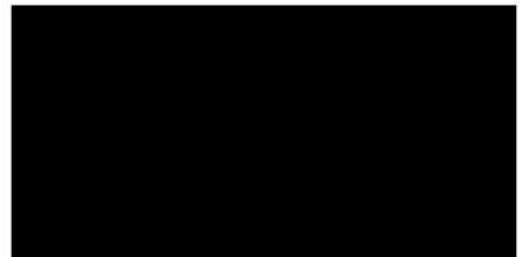
EnBW Windkraftprojekte GmbH

Schelmenwasenstr. 15 | 70567 Stuttgart

Auftragsnummer: 356001497

Bearbeiter:

Ramboll Deutschland GmbH



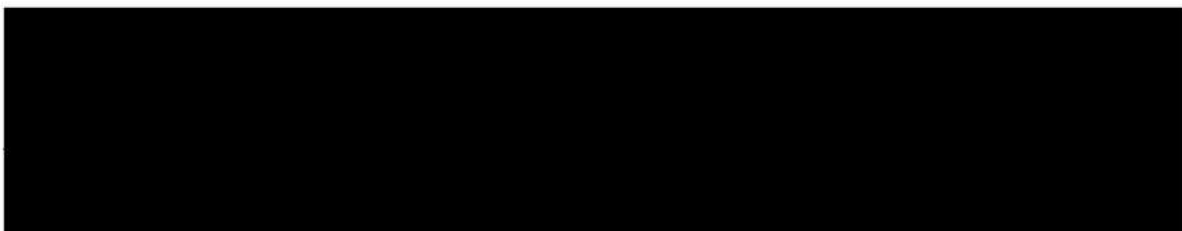
Die vorliegende Schattenwurfprognose für den Standort Müncheberg (Brandenburg) wurde der Ramboll Deutschland GmbH im Mai 2023 von der EnBW Windkraftprojekte GmbH in Auftrag gegeben. Die Ramboll Deutschland GmbH ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 [1] u. a. für die Erstellung von Schattenwurfprognosen akkreditiert. Die firmenintern verwendeten Berechnungsverfahren gemäß den zuvor genannten Anforderungen sind in der Ramboll-Qualitätsmanagement Prozessbeschreibung „Schatten“ festgelegt und dokumentiert.

Die Ergebnisse basieren auf Berechnungen nach den Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) [2] sowie den vom Auftraggeber und dem WEA-Hersteller gestellten Standort- und Anlagendaten. Die Berechnungen wurden mit dem Softwareprogramm WindPRO (Modul SHADOW) von EMD International A/S [3] durchgeführt.

Alle Rechte an diesem Bericht sind der Ramboll Deutschland GmbH vorbehalten. Dieses Dokument darf, mit Ausnahme des Auftraggebers, der Genehmigungsbehörden und der finanzierenden Banken, weder in Teilen noch in vollem Umfang ohne vorherige schriftliche Zustimmung der Ramboll Deutschland GmbH reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Nr.	Datum	Bearbeiter	Beschreibung
000	21.06.2023	R. Boettcher	Planung von sieben WEA des Typs Enercon E-138 EP3 E3

Kassel, 21.06.2023



## Inhalt:

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Standort- und WEA-Daten</b>	<b>5</b>
	2.1 Aufgabenstellung	5
	2.2 Immissionsorte	6
	2.3 Immissionsrichtwerte	10
	2.4 Windenergieanlagen	10
<b>3</b>	<b>Schattenwurfberechnungen</b>	<b>12</b>
	3.1 Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer	12
	3.2 Meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer	13
<b>4</b>	<b>Bewertung der Ergebnisse</b>	<b>14</b>
	4.1 Beurteilung der Berechnungen	14
	4.2 Hinweise zur Abschaltautomatik	14
	4.3 Genauigkeit der Prognose	15
<b>5</b>	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>Anhang</b>	<b>17</b>

# 1 Zusammenfassung

Am Windparkstandort Müncheberg wurden für 7 Immissionsorte (IO) die Beschattungsdauern durch sieben neu geplante Windenergieanlagen (WEA) des Typs Enercon E-138 EP3 E3 mit 160,0 m Nabenhöhe sowie sechzehn Vorbelastungs-WEA entsprechend den WKA-Schattenwurfhinweisen [2] berechnet. Den Berechnungen wurde ein Worst-Case-Szenario zugrunde gelegt. Die Immissionsrichtwerte betragen dabei maximal 30 Stunden im Jahr und maximal 30 Minuten am Tag.

**Diese Werte werden ohne schattenwurfbegrenzende Maßnahmen an 6 Immissionsorten überschritten (siehe Kapitel 3). Die WKA-Schattenwurfhinweise [2] sehen für diesen Fall vor, dass der Schattenwurf der WEA, die eine (weitere) Überschreitung verursachen, mittels einer Abschaltautomatik entsprechend den Richtwerten begrenzt wird. Im vorliegenden Fall betrifft dies WEA 1, WEA 4 und WEA 6.**

Die Grundlagen für die Berechnung sowie die detaillierten Berechnungsergebnisse sind den folgenden Kapiteln zu entnehmen.

## 2 Standort- und WEA-Daten

### 2.1 Aufgabenstellung

Der Auftraggeber plant am Standort Müncheberg südlich von Obersdorf sieben Windenergieanlagen (WEA) des Typs Enercon E-138 EP3 E3 mit 160,0 m Nabenhöhe zu errichten (siehe Tabelle 1).

**Tabelle 1: Kenndaten der geplanten WEA**

WEA	WEA Hersteller / Typ	Nabenhöhe	Ost	Nord
		[m]	[UTM 33 ETRS89]	
1	Enercon E-138 EP3 E3	160,0	444.151	5.819.931
2	Enercon E-138 EP3 E3	160,0	444.754	5.820.144
3	Enercon E-138 EP3 E3	160,0	444.472	5.819.763
4	Enercon E-138 EP3 E3	160,0	445.065	5.819.892
5	Enercon E-138 EP3 E3	160,0	444.860	5.819.641
6	Enercon E-138 EP3 E3	160,0	444.761	5.819.333
7	Enercon E-138 EP3 E3	160,0	445.144	5.818.840

Südwestlich und nordöstlich des Standorts existieren bereits sechzehn weitere WEA bzw. befinden sich in einem fortgeschrittenen Planungsstadium. Diese werden als Vorbelastungen untersucht und werden im folgenden Text als „Vorbelastung“ oder „VB“ bezeichnet.

Es sollen die Immissionen durch periodischen Schattenwurf der Windenergieanlagen nach den Grundlagen der WKA-Schattenwurfhinweise [2] an der umliegenden Bebauung berechnet werden.

Grundlage der Berechnung sind die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Daten der geplanten WEA (Typ, Nabenhöhe, Koordinaten) sowie die bei der Standortbesichtigung am 14.06.2023 erhobenen Daten über relevante Immissionsorte und deren Umgebung. Das Höhenrelief wurde dem DGM 5 Brandenburg entnommen. Die Berechnung wurde mit der Software windPRO, Modul SHADOW [3] durchgeführt. Grundlagen zur Berechnung finden sich im Anhang.

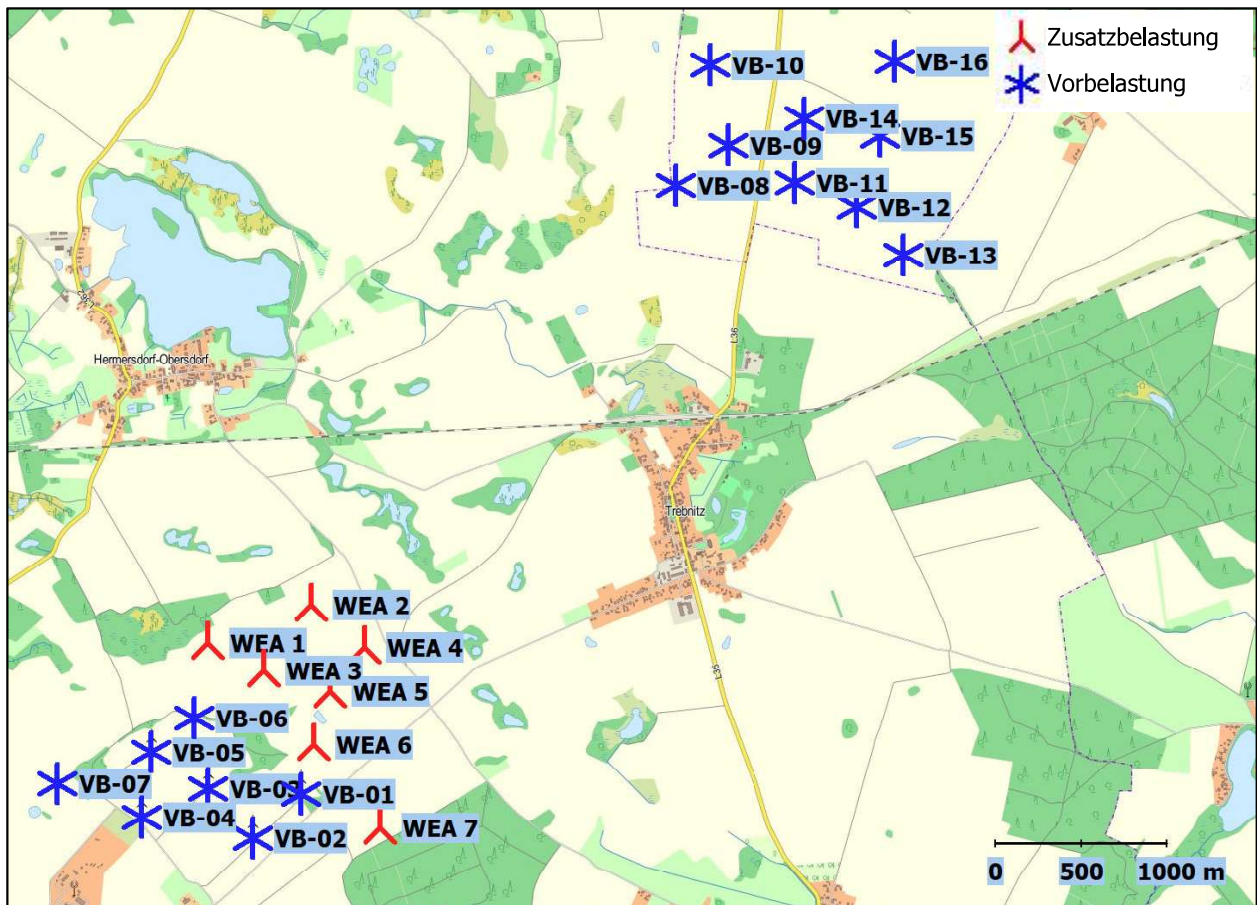


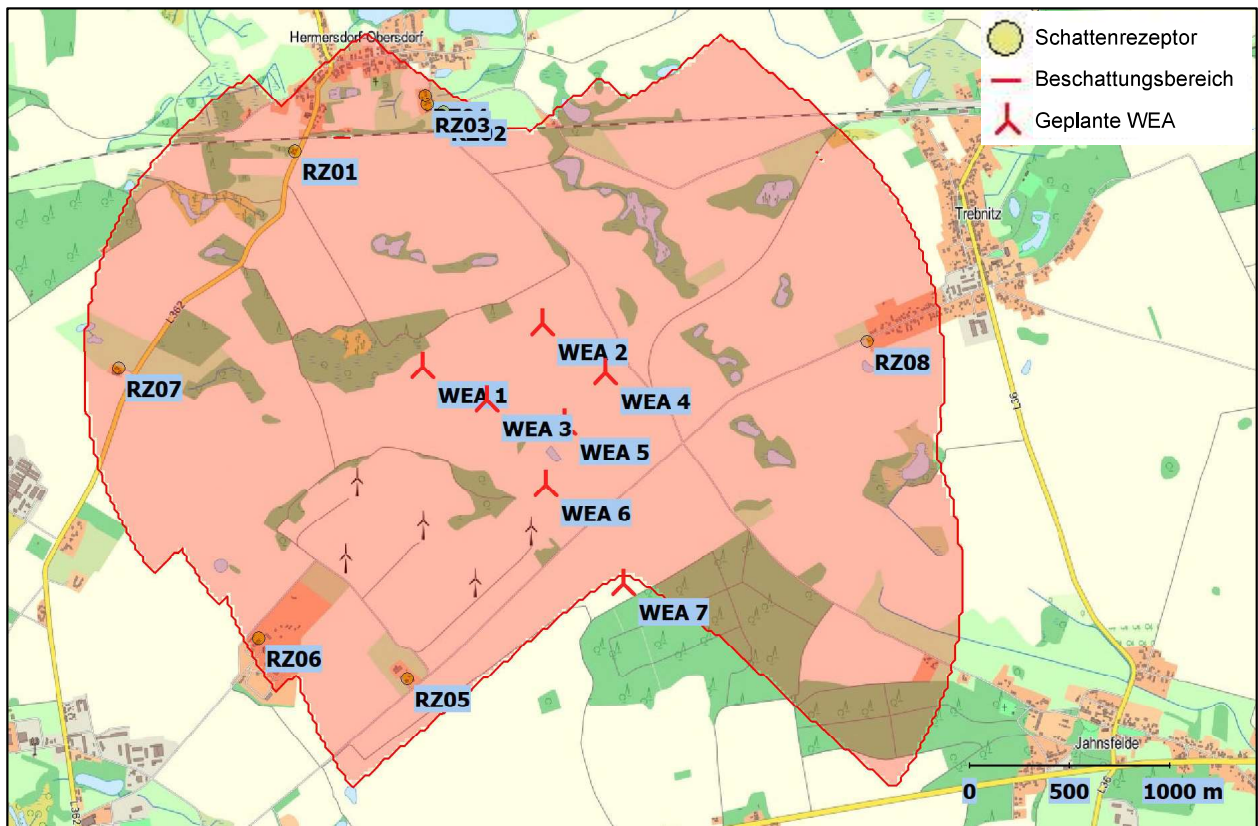
Abbildung 1: Übersichtskarte (© Geoglis [4])

## 2.2 Immissionsorte

Die Maßgeblichen Immissionsorte sind nach den WKA-Schattenwurfhinweisen [2] schutzwürdige Räume sowie bebaubare Freiflächen. Sie werden nach den folgenden Bedingungen ausgewählt:

- Es muss geometrisch möglich sein, dass die Orte von den neu geplanten WEA im Jahresverlauf beschattet werden.
- Die Orte liegen innerhalb des Beschattungsbereichs der neu geplanten WEA nach dem 20 %-Kriterium [5].

Die Grenzen des Beschattungsbereichs nach dem 20%-Kriterium der WKA-Schattenwurfhinweise [2] der geplanten WEA (Zusatzbelastung, „ZB“) sind auf der Karte in Abbildung 2 als rote Linie dargestellt.



**Abbildung 2: Beschattungsbereich der Zusatzbelastung (© Geoglis [4])**

Nach diesen Kriterien wurden alle Wohnhäuser und Arbeitsstätten im schattenkritischen Bereich als relevante Immissionsorte ausgewählt (siehe Abschnitt 3.1). Bei der Standortbesichtigung am 14.06.2023 wurden diese Immissionsorte in Augenschein genommen und dokumentiert.

Die Immissionsorte werden entsprechend den WKA-Schattenwurfhinweisen [2] im Modell als punktförmige Schatten-Rezeptoren (0,1 m x 0,1 m, horizontale Ausrichtung, 2 m ü. Gr.) nachgebildet, welche Schatten aus allen Richtungen empfangen (Gewächshaus-Modus). Die Lage der Rezeptoren ist in den folgenden Abbildungen eingezeichnet.

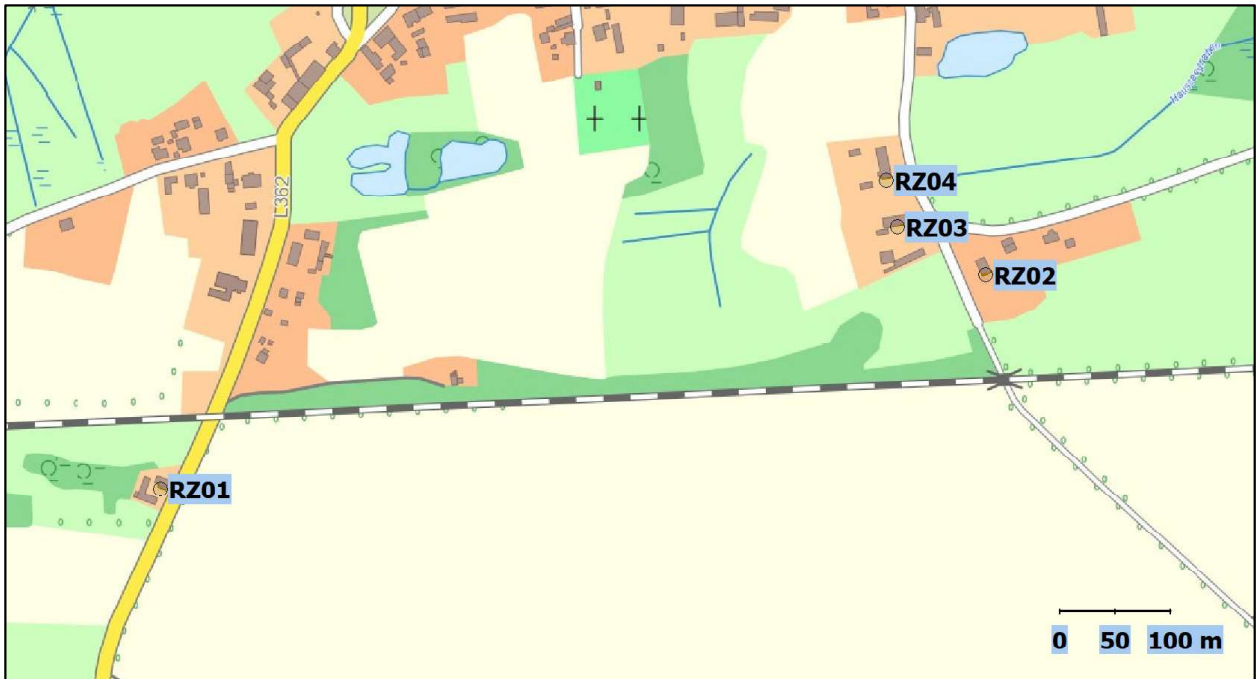


Abbildung 3: Lage der Immissionsorte in Müncheberg (© Geoglis [4])



Abbildung 4: Lage der Immissionsorte in Müncheberg (© Geoglis [4])



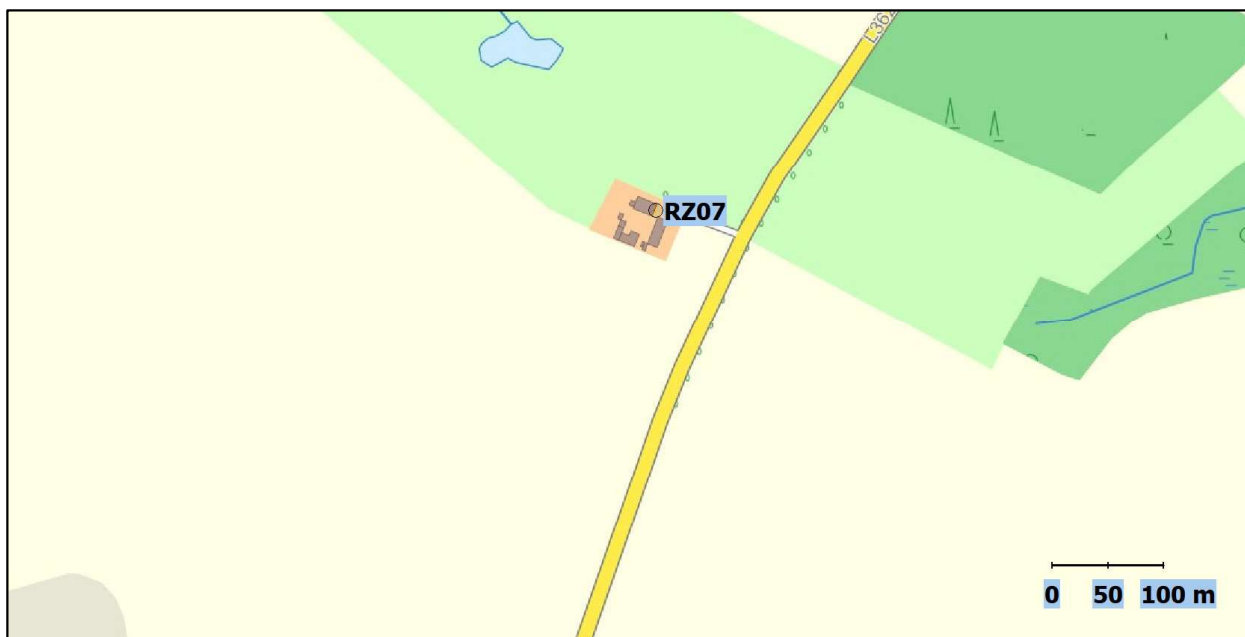


Abbildung 5: Lage der Immissionsorte in Müncheberg (© Geoglis [4])

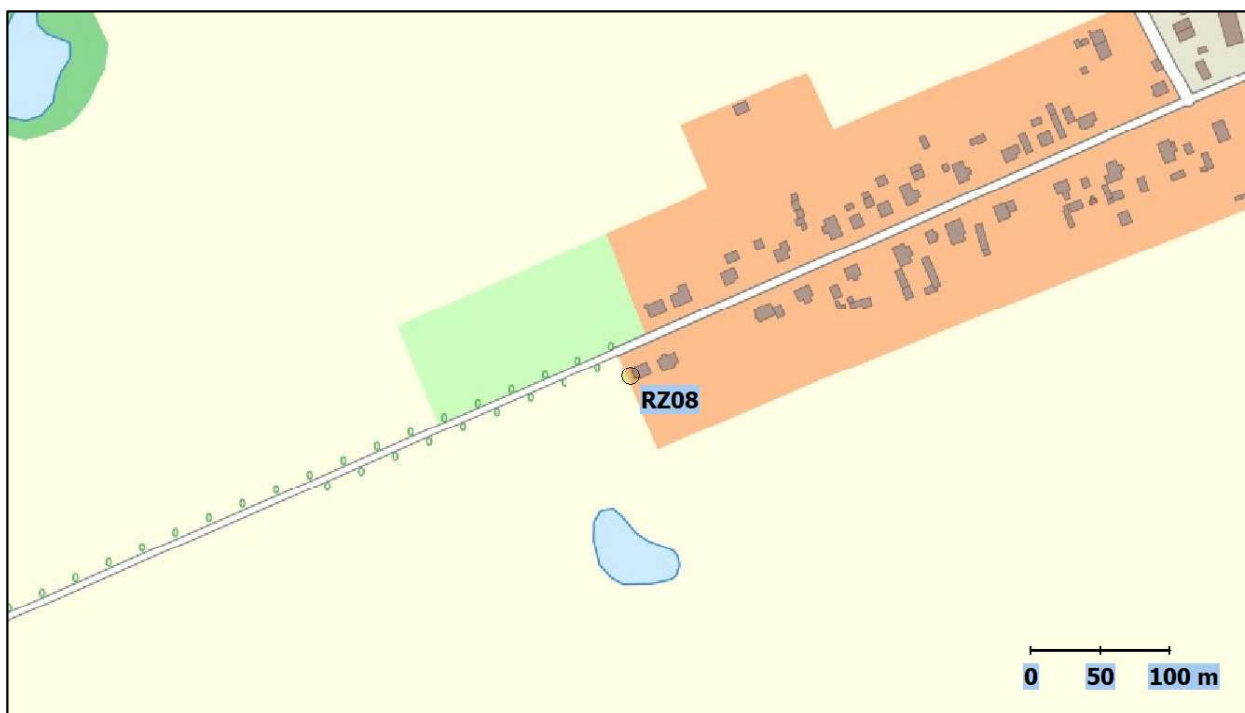


Abbildung 6: Lage der Immissionsorte in Müncheberg (© Geoglis [4])

## 2.3 Immissionsrichtwerte

Für die Beurteilung der Erheblichkeit der Belästigung durch Schattenwurf [6] [7] wurden in den WKA-Schattenwurfhinweisen [2] folgende Immissionsrichtwerte festgelegt:

Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer (Worst-Case-Betrachtung):

- maximal 30 Stunden Beschattung pro Jahr,
- maximal 30 Minuten Beschattung pro Tag.

Reale jährliche Beschattungsdauer:

- maximal 8 Stunden Beschattung pro Jahr,
- maximal 30 Minuten Beschattung pro Tag.

Überschreiten die Beschattungsdauern die Richtwerte an den Immissionsorten müssen die Anlagen mit einer Schattenabschaltautomatik ausgestattet werden, die die Beschattungsdauer entsprechend den Richtwerten begrenzt. Die in Kapitel 4 dargestellten Beurteilungen und Empfehlungen basieren auf den Richtwerten für astronomisch maximal mögliche Beschattungszeiten.

## 2.4 Windenergieanlagen

Der Antragsteller plant am Standort Müncheberg die Errichtung von sieben Windenergieanlagen. Weitere sechs WEA werden als relevante Vorbelastungen berücksichtigt. Es existiert kein gemeinsamer Beschattungsbereich mit den zehn übrigen WEA, weshalb diese in den Berechnungen keine Berücksichtigung finden (siehe Berechnung im Anhang).

Die wesentlichen Kenndaten der relevanten Vorbelastung und der neu geplanten WEA sind Tabelle 2 zu entnehmen. Der Beschattungsbereich wurde nach dem 20%-Kriterium [2] [8] aus den Rotorblattdaten und der Nabhöhe ermittelt.

**Tabelle 2: Kenndaten Zusatz- und relevante Vorbelastungs-WEA**

WEA-Nr.	WEA Typ	NH	RD	max. BT	min. BT	Ø BT	BB	Art
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	
<b>WEA 1</b>	E-138 EP3 E3	160,0	138,3	3,93	1,04	2,49	1.686	ZB
<b>WEA 2</b>	E-138 EP3 E3	160,0	138,3	3,93	1,04	2,49	1.686	ZB
<b>WEA 3</b>	E-138 EP3 E3	160,0	138,3	3,93	1,04	2,49	1.686	ZB
<b>WEA 4</b>	E-138 EP3 E3	160,0	138,3	3,93	1,04	2,49	1.686	ZB
<b>WEA 5</b>	E-138 EP3 E3	160,0	138,3	3,93	1,04	2,49	1.686	ZB
<b>WEA 6</b>	E-138 EP3 E3	160,0	138,3	3,93	1,04	2,49	1.686	ZB
<b>WEA 7</b>	E-138 EP3 E3	160,0	138,3	3,93	1,04	2,49	1.686	ZB
<b>VB-01</b>	V90	105,0	90,0	3,51	0,92	2,22	1.506	VB
<b>VB-02</b>	V90	105,0	90,0	3,51	0,92	2,22	1.506	VB
<b>VB-03</b>	V90	105,0	90,0	3,51	0,92	2,22	1.506	VB
<b>VB-05</b>	V90	105,0	90,0	3,51	0,92	2,22	1.506	VB
<b>VB-06</b>	V126-3.45	149,0	126,0	4,00	1,06	2,53	1.717	VB
<b>VB-07</b>	V126-3.45	149,0	126,0	4,00	1,06	2,53	1.717	VB

NH: Nabenhöhe, RD: Rotordurchmesser, BT: Blatttiefe, BB: Beschattungsbereich, ZB: Zusatzbelastung, VB: Vorbelastung.

### 3 Schattenwurfberechnungen

#### 3.1 Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer

Für die geplanten und als Vorbelastung berücksichtigten WEA wurde die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer an den relevanten Immissionsorten berechnet. Hierbei handelt sich um eine Worst-Case-Betrachtung, d. h. ohne Berücksichtigung von Bewölkung und Stillstandszeiten sowie unter Annahme eines immer zum Sonnenazimut ausgerichteten Rotors (maximale Schattenfläche). Die Berechnungen werden ohne Berücksichtigung der Sichtverschattung durch Bebauung und Bewuchs durchgeführt.

Es wurden folgende Berechnungen durchgeführt:

- Vorbelastung (VB) durch die Vorbelastungs-WEA,
- Zusatzbelastung (ZB) durch die neu geplanten WEA,
- Gesamtbelastung (GB) durch alle WEA (Es wurden nur die WEA berücksichtigt, in deren Beschattungsbereich ein Rezeptor liegt.).

Die Ergebnisse der Berechnungen können der Tabelle 3 entnommen werden. Die fett hervorgehobenen Werte überschreiten die Immissionsrichtwerte nach den WKA-Schattenwurfhinweisen [2]. Die Beschattungszeiten im Tages- und Jahresverlauf können den tabellarischen und grafischen Kalendern in Anhang entnommen werden.

**Tabelle 3: Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauern pro Jahr**

IO	Name	Astron. max. mögl. Beschattungsdauer					
		Std. / Jahr			Std. / Tag		
		VB	ZB	GB	VB	ZB	GB
<b>RZ01</b>	Bahnhofstraße 3, Müncheberg	0:00	<b>42:03</b>	<b>42:03</b>	0:00	<b>0:48</b>	<b>0:48</b>
<b>RZ02</b>	Jahnsfelder Weg 5, Müncheberg	0:00	19:45	19:45	0:00	<b>0:42</b>	<b>0:42</b>
<b>RZ03</b>	Jahnsfelder Weg 4, Müncheberg	0:00	21:12	21:12	0:00	<b>0:42</b>	<b>0:42</b>
<b>RZ04</b>	Jahnsfelder Weg 3, Müncheberg	0:00	14:38	14:38	0:00	<b>0:36</b>	<b>0:36</b>
<b>RZ05</b>	Trebnitzer Weg 1, Müncheberg	0:00	26:52	26:52	0:00	0:29	0:29
<b>RZ06</b>	Marienfeld 1e, Müncheberg	29:17	15:46	<b>40:18</b>	0:24	0:21	0:29
<b>RZ07</b>	Bahnhofstraße 1, Müncheberg	<b>42:57</b>	7:25	<b>50:22</b>	0:30	0:21	0:30
<b>RZ08</b>	Müncheberger Weg 34, Müncheberg	0:00	22:51	22:51	0:00	0:24	0:24

## 3.2 Meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer

Die jährlich im Mittel auftretende, meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer ist für die Genehmigung eines Vorhabens zunächst nicht relevant, sie kann jedoch den Behördenvertretern, Anlagenplanern und Betroffenen einen Eindruck über die tatsächliche, durchschnittlich zu erwartende Belastung geben. Zudem enthält sie Hinweise auf mögliche Abschalthäufigkeiten, da i. d. R. die Begrenzung auf die reale Beschattungsdauer von acht Stunden pro Jahr (nach [2], [9]) steuerungstechnisch umgesetzt wird. Sie berücksichtigt statistische Daten zu

- Sonnenscheinwahrscheinlichkeit (mittlere tägliche Sonnenscheinstunden) pro Monat, nach Angaben der Sonnenschein-Datenbank für die Station Heckelberg,
- Betriebsstunden bzw. Stillstandszeiten der WEA je Richtungssektor, ermittelt aus der Windstatistik der DWD-Station Manschnow und der Anlaufgeschwindigkeit der WEA,
- Variable Schattengröße des Rotors, ermittelt aus der Windrichtungsverteilung der Windstatistik der DWD-Station Manschnow und der Lage der Rezeptoren.

Aus den Daten werden zeit- und ortsabhängig differenzierte Wahrscheinlichkeiten des Schattenwurfs berechnet und diese über das Jahr summiert. Da die Berechnung stark von der Qualität der meteorologischen Eingangsdaten abhängt und lokale Gegebenheiten davon abweichen können sind die Berechnungsergebnisse mit Unsicherheiten von etwa 5-15% behaftet und haben abschätzenden Charakter.

**Tabelle 4: Meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauern pro Jahr**

IO	Adresse	Beschattungsdauern meteorologisch wahrscheinlich [Std./Jahr]		
		VB	ZB	GB
RZ01	Bahnhofstraße 3, Müncheberg	0:00	4:38	4:38
RZ02	Jahnsfelder Weg 5, Müncheberg	0:00	1:52	1:52
RZ03	Jahnsfelder Weg 4, Müncheberg	0:00	2:01	2:01
RZ04	Jahnsfelder Weg 3, Müncheberg	0:00	1:22	1:22
RZ05	Trebnitzer Weg 1, Müncheberg	0:00	8:59	8:59
RZ06	Mariensfeld 1e, Müncheberg	9:44	5:16	13:26
RZ07	Bahnhofstraße 1, Müncheberg	5:34	2:12	7:37
RZ08	Müncheberger Weg 34, Müncheberg	0:00	6:19	6:19

## 4 Bewertung der Ergebnisse

### 4.1 Beurteilung der Berechnungen

Am Windparkstandort Müncheberg wurden für sieben Immissionsorte die Beschattungsdauern durch sieben neu geplante WEA sowie sieben Vorbelastungs-WEA entsprechend den WKA-Schattenwurfhinweisen [2] berechnet. Die Immissionsrichtwerte der Beschattungsdauern betragen maximal 30 Stunden im Jahr und maximal 30 Minuten am Tag.

**IO RZ05 und RZ08: An diesen Immissionsorten werden alle Richtwerte eingehalten.**

**IO RZ07: An diesem Immissionsort werden die Richtwerte ohne schattenwurfbegrenzende Maßnahmen bereits durch die Vorbelastung überschritten. Jede weitere Belastung durch periodischen Schattenwurf ist zu vermeiden.**

**IO RZ01, RZ02, RZ03, RZ04 und RZ06: An diesen Immissionsorten werden die Richtwerte ohne schattenwurfbegrenzende Maßnahmen durch den Einfluss der Zusatzbelastung überschritten. Die Überschreitung beträgt maximal 12,1 Std./Jahr bzw. 18 Min/Tag.**

**Aufgrund der berechneten Überschreitungen empfehlen wir die Abschaltung der neu geplanten WEA 1, WEA 4 und WEA 6 über eine Abschaltautomatik zu steuern (siehe tabellarische und grafische Schattenwurfkalender im Anhang).**

### 4.2 Hinweise zur Abschaltautomatik

Über die Programmierung einer Abschaltautomatik werden die Windenergieanlagen zu den Uhrzeiten abgeschaltet, zu denen ein durch sie hervorgerufener Schattenwurf an einem Immissionspunkt zu einer (weiteren) Überschreitung der o.g. Immissionsrichtwerte führt.

Abschaltautomatiken sind so zu programmieren, dass alle betroffenen Bereiche (Fenster, Balkon usw.) an allen relevanten Immissionspunkten im schattenkritischen Bereich berücksichtigt werden. In der Regel geschieht dies über die Erfassung betroffener Fassaden. Aus den hier (für punktförmige Rezeptoren) angegebenen Zeiten kann *nicht* direkt abgeleitet werden, wie viele Minuten die betreffende WEA tatsächlich abgeschaltet werden muss. Betroffene Gebäudebereiche mit nur seltener oder kurzzeitiger räumlicher Nutzung (z. B. Abstellräume, Toiletten o. ä.) sind in

der Regel nicht zu berücksichtigen. Schlafräume, Wohnräume oder Küchen dagegen sind im Allgemeinen zu den fraglichen Tageszeiten wesentliche Aufenthaltsorte der Bewohner.

Das erlaubte Kontingent der tatsächlich auftretenden Beschattungszeit (unter Berücksichtigung von Bewölkungsereignissen mit diffusem oder keinem Schattenwurf) pro Immissionsort beträgt 8 Std. / Jahr [2], welches über einen zusätzlichen Bestrahlungsstärkesensor erfasst und berücksichtigt werden kann, jedoch in diesem Gutachten nicht bewertet wird. Der Sensor bewirkt einen Weiterbetrieb der Anlagen bei Umgebungshelligkeiten, in denen kein Schattenwurf auftritt (z. Bsp. bei  $I < 120 \text{ W/m}^2$ ). Darüber hinaus können sichtverschattende Objekte wie dauerhafter Bewuchs, Nebengebäude usw. einen Schattenwurf verhindern, wodurch auf eine Abschaltung für das jeweilige Gebäude verzichtet werden kann. Dies kann am einfachsten nach Errichtung der Anlage mit entsprechenden Fotos dokumentiert und berücksichtigt werden.

### 4.3 Genauigkeit der Prognose

Den Berechnungen nach den Vorgaben der WKA-Schattenwurfhinweise [2] wird ein Worst-Case-Szenario zugrunde gelegt. In diesem Sinne wird die astronomisch maximal mögliche Beschattung zur Beurteilung herangezogen sowie keine lichtundurchlässigen Hindernisse, die den periodischen Schattenwurf von WEA begrenzen, berücksichtigt. Als Basis für die Bestimmung der Position der Immissionsorte dient Kartenmaterial, das auf den Gebäudeumringen des amtlichen Liegenschaftskataster Deutschland (ALKIS) basiert [4]. Das zugrunde gelegte Höhenmodell entspricht dem DGM 5 Brandenburg. Damit ist eine Grundgenauigkeit der in eine Prognose eingehenden geometrischen Parameter von mindestens  $\pm 5 \text{ m}$  gewährleistet. Die Schattenwurfzeiten werden mit einer Genauigkeit von 1 min pro Tag ausgewiesen. Insgesamt wird damit der geforderten Grundgenauigkeit der in eine Prognose eingehenden geometrischen Parameter (vgl. WKA-Schattenwurfhinweise [2]) entsprochen. Basierend auf der Grundgenauigkeit der Eingangsdaten kann die Unsicherheit bei der Berechnung der Beschattungszeiten mit durchschnittlich  $\pm 1 \%$  angegeben werden [10].

## 5 Quellenverzeichnis

- [1] Norm, „DIN EN ISO/IEC 17025:2018-03, Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien,“ 2018.
- [2] LAI, Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen Aktualisierung 2019 (WKA-Schattenwurfhinweise), Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI), 23.01.2020.
- [3] EMD, Software WindPRO, Modul SHADOW, 9220 Aalborg (DK): EMD International A/S, jeweils aktuellste Version.
- [4] geoGLIS\_oHG, *onmaps GEOBasis-DE / BKG / NRW*, aktuelle Version.
- [5] SUA, Ergebnisprotokoll des 3. Fachgesprächs vom 19.11.1999 über Umwelteinwirkungen von Windenergieanlagen, Schleswig: Staatliches Umweltamt Schleswig, 1999.
- [6] F. J.Pohl, Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen, Feldstudie, Kiel: Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 31.07.1999 .
- [7] F. J.Pohl, Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen, Laborpilotstudie, Kiel: Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität, 15.05.2000 .
- [8] H. D. Freund, Die Reichweite des Schattenwurfs von Windkraftanlagen, Umweltforschungsbank UFORDAT, Juni 1999.
- [9] H. D. Freund, Effektive Einwirkzeit  $T_w$  des Schattenwurfs bei  $T_{max} = 30$  h/Jahr, Kiel: Institut für Physik und Allgemeine Elektrotechnik, Fachhochschule Kiel, 24.01.2001.
- [10] Ramboll, Interne Analyse zur Sensitivität der Berechnungsergebnisse bezüglich der Genauigkeit der Positionsdaten, 2021-11.



## 6 Anhang

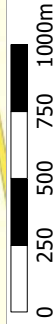
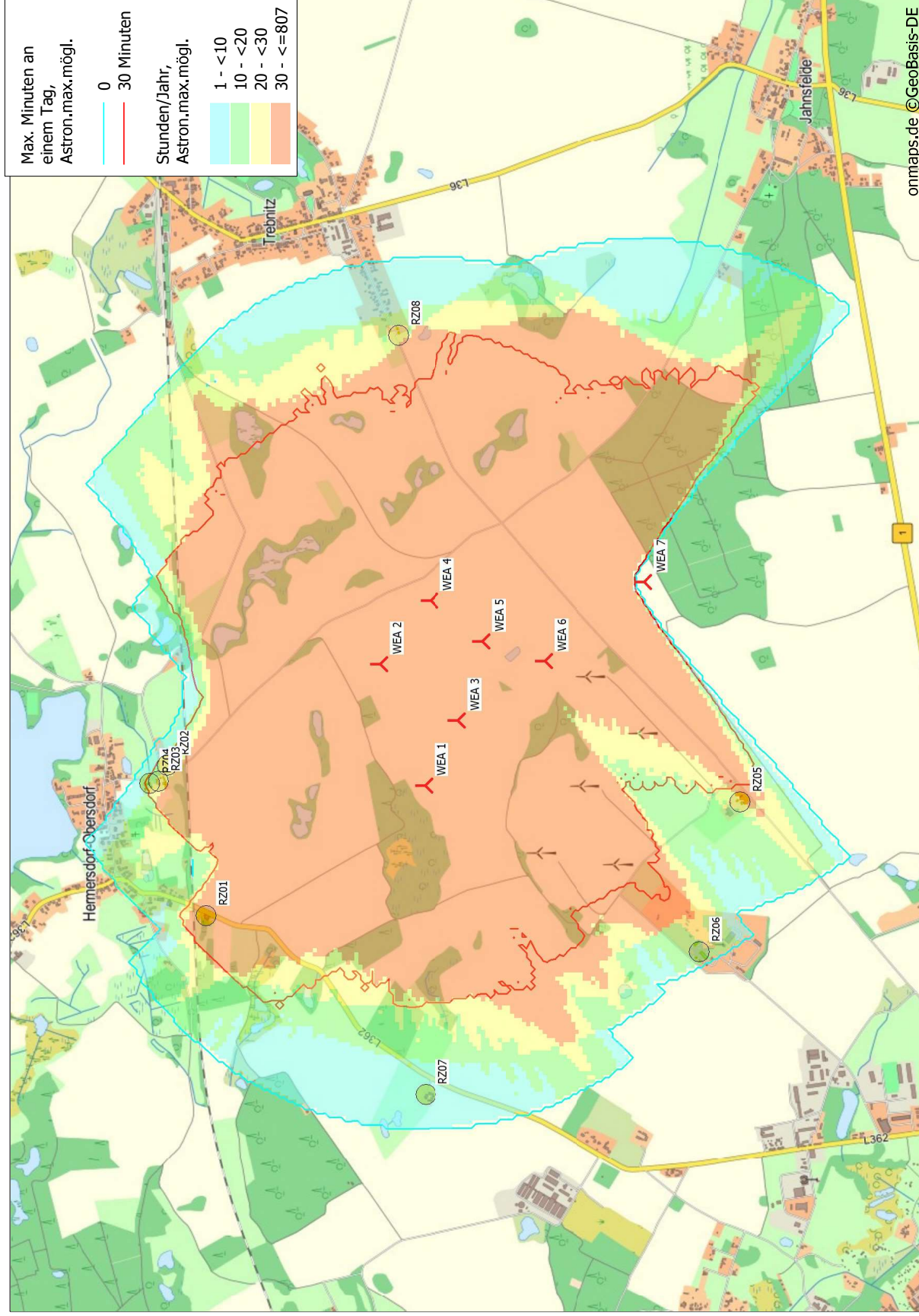
- Beschattungskarten für den Windparkstandort Müncheberg:
  - Zusatzbelastung,
  - Gesamtbelastung,
- Berechnungsergebnisse der Beschattungsdauern an den Immissionsorten:
  - Irrelevante Vorbelastung:
    - Hauptergebnis,
  - Vor- und Zusatzbelastung:
    - Hauptergebnis,
  - Gesamtbelastung:
    - Hauptergebnis,
    - tabellarische Kalender,
    - grafische Kalender,
- Akkreditierung,
- Theoretische Grundlagen.

Projekt:

**23-1-3079**

Beschreibung:

Windpark Müncheberg, Landkreis Märkisch-Oberland, Bundesland Brandenburg



Karte: onmaps, Maßstab 1:20.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 33 Ost: 444.820 Nord: 5.819.760

Neue WEA

Schattenrezeptor

Höhe der Schattenkarte: DGM 5 Brandenburg

Zeitschritt: 3 Minuten, Schrittwerte: 7 Tag(e), Kartenaufösung: 20 m, Sichtbarkeit Auflösung: 10 m, Augenhöhe: 1,5 m

**SHADOW - Karte**  
**Berechnung:**  
**Zusatzbelastung**

Lizenzierter Anwender:

**Ramboll Deutschland GmbH**  
 Elisabeth-Consurbruch-Straße 3  
 DE-34131 Kassel

Berechnet:

21.06.2023 12:44/3.6.366

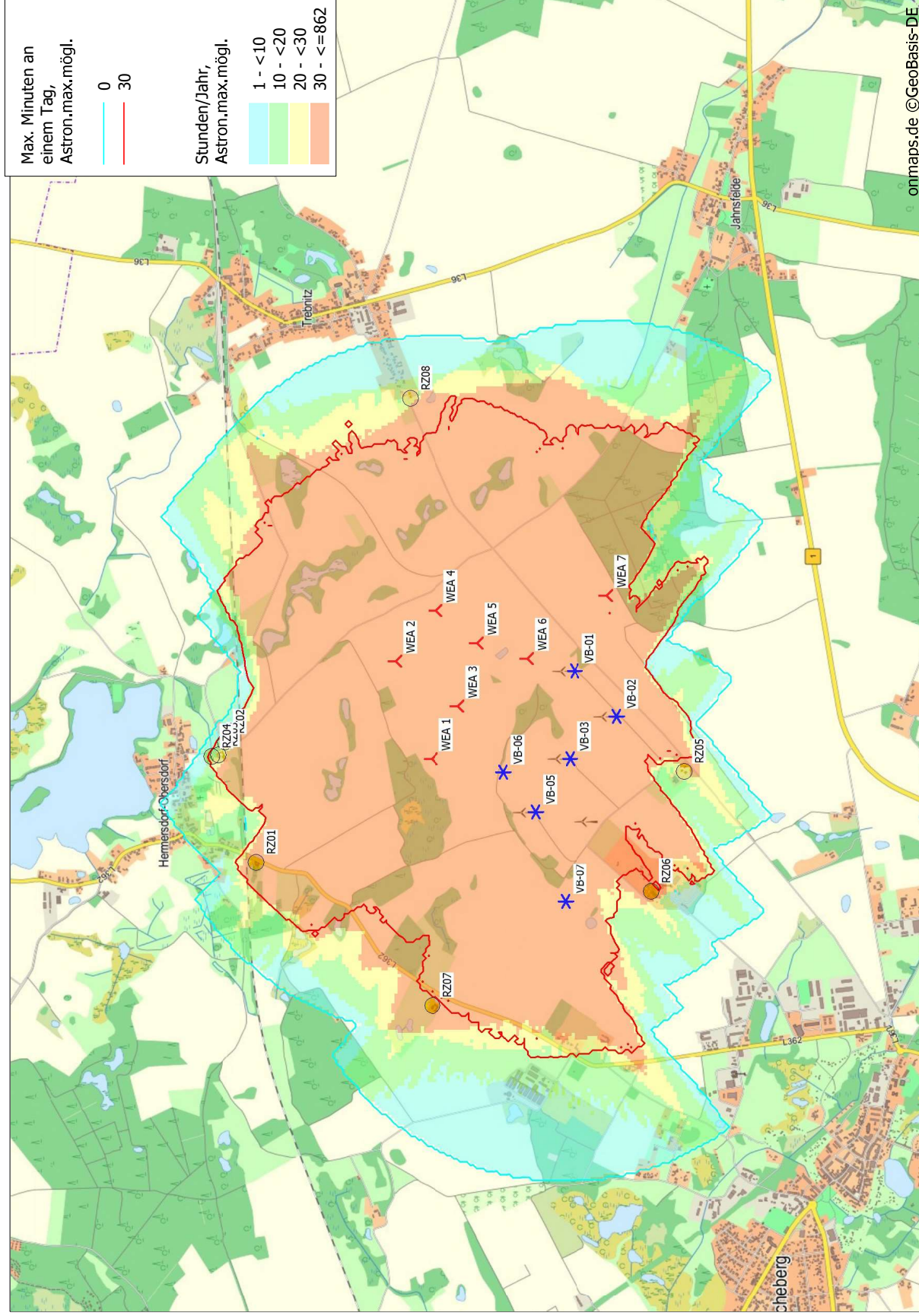
**RAMBOLL**

Projekt: **23-1-3079**  
Beschreibung:  
Windpark Müncheberg, Landkreis  
Märkisch-Oderland, Bundesland  
Brandenburg

# SHADOW - Karte Berechnung: Gesamtbelastung

Lizenzierter Anwender:  
**Ramboll Deutschland GmbH**  
Elisabeth-Consurbruch-Straße 3  
DE-34131 Kassel

Berechnet:  
21.06.2023 12:55 / 1 Seite 19  
**RAMBOLL**



Karte: onmaps, Maßstab 1:25.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 33 Ost: 444.820 Nord: 5.819.760

☀ Existierende WEA ☀ Schattenrezeptor

📍 Neue WEA

Zeitschritt: 3 Minuten, Schrittwerte: 7 Tag(e), Kartenaufösung: 20 m, Sichtbarkeit Auflösung: 10 m, Augenhöhe: 1,5 m

onmaps.de ©GeoBasis-DE

## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** Vorbelastung irrelevant  
**Annahmen für Schattenwurfberechnung**

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

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

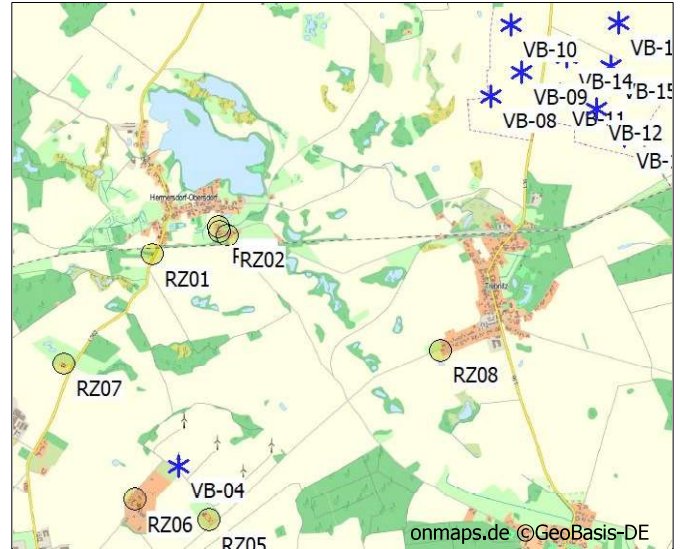
Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [ ]  
 Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez  
 1,65 2,71 4,16 6,57 7,48 7,80 7,68 7,19 5,53 3,68 1,77 1,29

Betriebsdauer je Sektor  
 N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe  
 348 287 527 819 652 510 596 914 1.281 1.259 855 560 8.608

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

Verwendete Höhenlinien: DGM 5 Brandenburg  
 Rasterauflösung: 1,0 m

Alle Koordinatenangaben in:  
 UTM (north)-ETRS89 Zone: 33



Maßstab 1:75.000  
 \* Existierende WEA    Schattenrezeptor

### WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung [kW]	Rotordurchmesser [m]	Nabenhöhe [m]	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich [m]	U/min
				[m]							[m]	[U/min]
VB-04	443.753	5.818.914	81,9	VESTAS V44 600 44.0 !0! NH: ... Nein	VESTAS	V44-600	600	44,0	55,0	768	28,0	
VB-08	446.907	5.822.558	60,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !... Ja	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	160,0	1.901	10,4	
VB-09	447.215	5.822.788	60,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !... Ja	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	160,0	1.901	10,4	
VB-10	447.116	5.823.259	60,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !... Ja	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	160,0	1.901	10,4	
VB-11	447.597	5.822.565	60,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !... Ja	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	160,0	1.901	10,4	
VB-12	447.959	5.822.420	60,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !... Ja	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	160,0	1.901	10,4	
VB-13	448.226	5.822.137	60,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !... Ja	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	160,0	1.901	10,4	
VB-14	447.661	5.822.943	59,3	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !... Ja	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	160,0	1.901	10,4	
VB-15	448.100	5.822.837	60,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !... Ja	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	160,0	1.901	10,4	
VB-16	448.188	5.823.266	57,7	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !... Ja	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	160,0	1.901	10,4	

### Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters [°]	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI)	
										[m]	ü.Gr.
RZ01	Bahnhofstraße 3, Müncheberg	443,525	5.821.016	60,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	
RZ02	Jahnsfelder Weg 5, Müncheberg	444,269	5.821.199	51,1	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	
RZ03	Jahnsfelder Weg 4, Müncheberg	444,190	5.821.243	50,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	
RZ04	Jahnsfelder Weg 3, Müncheberg	444,180	5.821.285	50,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	
RZ05	Trebnitzer Weg 1, Müncheberg	444,056	5.818.377	80,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	
RZ06	Marienfeld 1e, Müncheberg	443,317	5.818.589	81,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	
RZ07	Bahnhofstraße 1, Müncheberg	442,630	5.819.942	65,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	
RZ08	Müncheberger Weg 34, Müncheberg	446,378	5.820.035	60,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	

### Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattungsdauer	
		Stunden/Jahr [h/a]	Schattentage/Jahr [d/a]	Max.Schattendauer/Tag [h/d]	Stunden/Jahr [h/a]	
RZ01	Bahnhofstraße 3, Müncheberg	0:00	0	0:00	0:00	
RZ02	Jahnsfelder Weg 5, Müncheberg	0:00	0	0:00	0:00	
RZ03	Jahnsfelder Weg 4, Müncheberg	0:00	0	0:00	0:00	
RZ04	Jahnsfelder Weg 3, Müncheberg	0:00	0	0:00	0:00	
RZ05	Trebnitzer Weg 1, Müncheberg	0:00	0	0:00	0:00	

(Fortsetzung nächste Seite)...

## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** Vorbelastung irrelevant

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattungsdauer	
		Stunden/Jahr [h/a]	Schattentage/Jahr [d/a]	Max.Schattendauer/Tag [h/d]	Stunden/Jahr [h/a]	
RZ06	Marienfeld 1e, Müncheberg	0:00	0	0:00	0:00	
RZ07	Bahnhofstraße 1, Müncheberg	0:00	0	0:00	0:00	
RZ08	Müncheberger Weg 34, Müncheberg	0:00	0	0:00	0:00	

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal	Erwartet
		[h/a]	[h/a]
VB-04	VESTAS V44 600 44.0 !O! NH: 55,0 m (Ges:77,0 m) (5)	0:00	0:00
VB-08	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! NH: 160,0 m (Ges:235,0 m) (12)	0:00	0:00
VB-09	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! NH: 160,0 m (Ges:235,0 m) (15)	0:00	0:00
VB-10	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! NH: 160,0 m (Ges:235,0 m) (10)	0:00	0:00
VB-11	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! NH: 160,0 m (Ges:235,0 m) (9)	0:00	0:00
VB-12	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! NH: 160,0 m (Ges:235,0 m) (16)	0:00	0:00
VB-13	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! NH: 160,0 m (Ges:235,0 m) (13)	0:00	0:00
VB-14	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! NH: 160,0 m (Ges:235,0 m) (8)	0:00	0:00
VB-15	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! NH: 160,0 m (Ges:235,0 m) (11)	0:00	0:00
VB-16	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! NH: 160,0 m (Ges:235,0 m) (14)	0:00	0:00

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

## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** Vorbelastung

### Annahmen für Schattenwurfberechnung

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

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

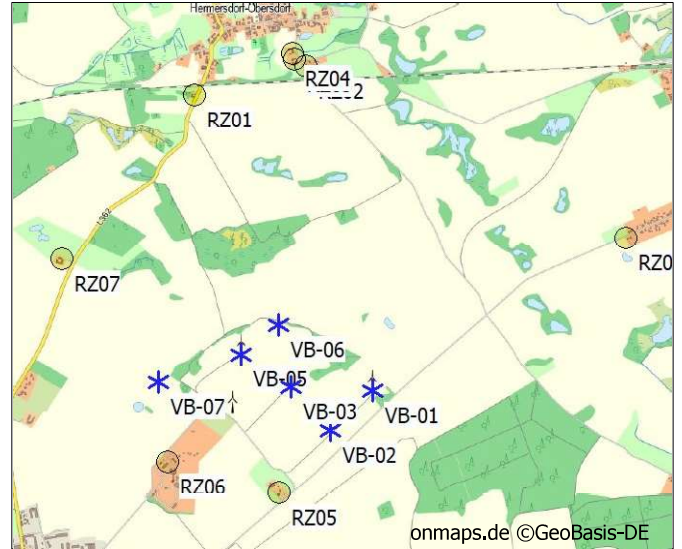
Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [ ]  
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez  
1,65 2,71 4,16 6,57 7,48 7,80 7,68 7,19 5,53 3,68 1,77 1,29

Betriebsdauer je Sektor  
N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe  
348 287 527 819 652 510 596 914 1.281 1.259 855 560 8.608

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

Verwendete Höhenlinien: DGM 5 Brandenburg  
Rasterauflösung: 1,0 m

Alle Koordinatenangaben in:  
UTM (north)-ETRS89 Zone: 33



Maßstab 1:50.000  
\* Existierende WEA    Schattenrezeptor

### WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung [kW]	Rotor-durchmesser [m]	Nabenhöhe [m]	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich [m]	U/min
			[m]								[m]	[U/min]
VB-01	444.681	5.819.042	75,0	VESTAS V90 2000 90.0 !O! N...	Ja	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	105,0	1.506	14,9
VB-02	444.398	5.818.788	85,0	VESTAS V90 2000 90.0 !O! N...	Ja	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	105,0	1.506	14,9
VB-03	444.140	5.819.077	80,5	VESTAS V90 2000 90.0 !O! N...	Ja	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	105,0	1.506	14,9
VB-05	443.813	5.819.294	80,0	VESTAS V90 2000 90.0 !O! N...	Ja	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	105,0	1.506	14,9
VB-06	444.063	5.819.493	68,4	VESTAS V126-3450 126.0 !O! ...Ja	Ja	VESTAS	V126-3.45-3.450	3.450	126,0	149,0	1.717	11,8
VB-07	443.260	5.819.117	77,7	VESTAS V126-3.45 3450 126.... Ja	Ja	VESTAS	V126-3.45-3.450	3.450	126,0	149,0	1.717	11,8

### Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI)	
										ü.Gr.	ü.Gr.
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]	[m]
RZ01	Bahnhofstraße 3, Müncheberg	443.525	5.821.016	60,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	2,0
RZ02	Jahnsfelder Weg 5, Müncheberg	444.269	5.821.199	51,1	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	2,0
RZ03	Jahnsfelder Weg 4, Müncheberg	444.190	5.821.243	50,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	2,0
RZ04	Jahnsfelder Weg 3, Müncheberg	444.180	5.821.285	50,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	2,0
RZ05	Trebnitzer Weg 1, Müncheberg	444.056	5.818.377	80,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	2,0
RZ06	Marienfeld 1e, Müncheberg	443.317	5.818.589	81,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	2,0
RZ07	Bahnhofstraße 1, Müncheberg	442.630	5.819.942	65,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	2,0
RZ08	Müncheberger Weg 34, Müncheberg	446.378	5.820.035	60,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0	2,0

### Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattungsdauer	
		Stunden/Jahr [h/a]	Schattentage/Jahr [d/a]	Max.Schattendauer/Tag [h/d]	Stunden/Jahr [h/a]	
RZ01	Bahnhofstraße 3, Müncheberg	0:00	0	0:00	0:00	
RZ02	Jahnsfelder Weg 5, Müncheberg	0:00	0	0:00	0:00	
RZ03	Jahnsfelder Weg 4, Müncheberg	0:00	0	0:00	0:00	
RZ04	Jahnsfelder Weg 3, Müncheberg	0:00	0	0:00	0:00	
RZ05	Trebnitzer Weg 1, Müncheberg	0:00	0	0:00	0:00	
RZ06	Marienfeld 1e, Müncheberg	29:17	102	0:24	9:44	
RZ07	Bahnhofstraße 1, Müncheberg	42:57	129	0:30	5:34	
RZ08	Müncheberger Weg 34, Müncheberg	0:00	0	0:00	0:00	

## SHADOW - Hauptergebnis

### Berechnung: Vorbelastung

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal [h/a]	Erwartet [h/a]
VB-01	VESTAS V90 2000 90.0 !O! NH: 105,0 m (Ges:150,0 m) (1)	3:37	1:13
VB-02	VESTAS V90 2000 90.0 !O! NH: 105,0 m (Ges:150,0 m) (2)	6:46	2:16
VB-03	VESTAS V90 2000 90.0 !O! NH: 105,0 m (Ges:150,0 m) (3)	18:54	6:15
VB-05	VESTAS V90 2000 90.0 !O! NH: 105,0 m (Ges:150,0 m) (4)	4:30	0:52
VB-06	VESTAS V126-3450 126.0 !O! NH: 149,0 m (Ges:212,0 m) (6)	6:17	1:23
VB-07	VESTAS V126-3.45 3450 126.0 !O! NH: 149,0 m (Ges:212,0 m) (7)	32:10	3:23

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

Die Berechnung der Gesamtsumme für einen Rezeptor arbeitet mit einer gemittelten Richtungskorrektur für alle WEA, die an einem gegebenen Tag zur Beschattung beitragen. Wenn der Schattenwurf durch mehrere WEA an einem Tag nicht gleichzeitig stattfindet, kann die so ermittelte Summe geringfügig von der Summe der Beschattungszeiten abweichen, die für die individuellen WEA berechnet werden.

## SHADOW - Hauptergebnis

### Berechnung: Zusatzbelastung Annahmen für Schattenwurfberechnung

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

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

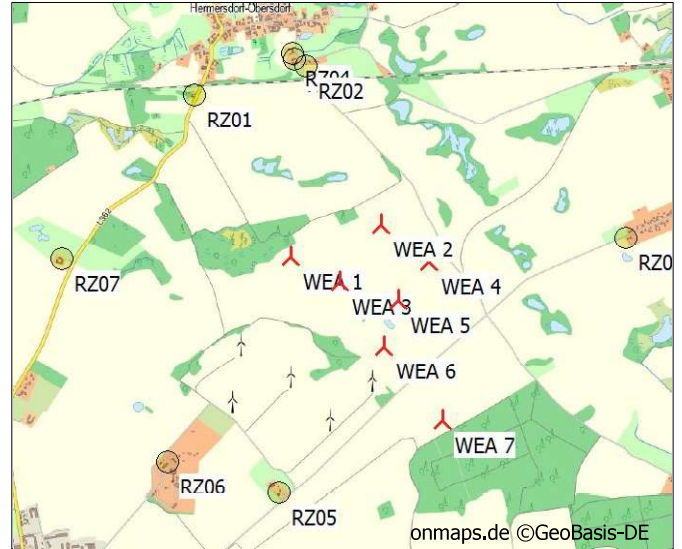
Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) []  
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez  
1,65 2,71 4,16 6,57 7,48 7,80 7,68 7,19 5,53 3,68 1,77 1,29

Betriebsdauer je Sektor  
N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe  
348 287 527 819 652 510 596 914 1.281 1.259 855 560 8.608

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

Verwendete Höhenlinien: DGM 5 Brandenburg  
Rasterauflösung: 1,0 m

Alle Koordinatenangaben in:  
UTM (north)-ETRS89 Zone: 33



Neue WEA

Maßstab 1:50.000  
Schattenrezeptor

### WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schattendaten	
					Ak-tuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]				[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]	
WEA 1	444.151	5.819.931	65,0	ENERCON E-138 EP3 E3 ...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E3-4.260	4.260	138,3	160,0	1.686	10,8
WEA 2	444.754	5.820.144	65,0	ENERCON E-138 EP3 E3 ...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E3-4.260	4.260	138,3	160,0	1.686	10,8
WEA 3	444.472	5.819.763	69,8	ENERCON E-138 EP3 E3 ...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E3-4.260	4.260	138,3	160,0	1.686	10,8
WEA 4	445.065	5.819.892	65,0	ENERCON E-138 EP3 E3 ...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E3-4.260	4.260	138,3	160,0	1.686	10,8
WEA 5	444.860	5.819.641	65,0	ENERCON E-138 EP3 E3 ...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E3-4.260	4.260	138,3	160,0	1.686	10,8
WEA 6	444.761	5.819.333	69,7	ENERCON E-138 EP3 E3 ...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E3-4.260	4.260	138,3	160,0	1.686	10,8
WEA 7	445.144	5.818.840	70,0	ENERCON E-138 EP3 E3 ...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E3-4.260	4.260	138,3	160,0	1.686	10,8

### Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
RZ01	Bahnhofstraße 3, Müncheberg	443.525	5.821.016	60,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ02	Jahnsfelder Weg 5, Müncheberg	444.269	5.821.199	51,1	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ03	Jahnsfelder Weg 4, Müncheberg	444.190	5.821.243	50,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ04	Jahnsfelder Weg 3, Müncheberg	444.180	5.821.285	50,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ05	Trebnitzer Weg 1, Müncheberg	444.056	5.818.377	80,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ06	Marienfeld 1e, Müncheberg	443.317	5.818.589	81,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ07	Bahnhofstraße 1, Müncheberg	442.630	5.819.942	65,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ08	Müncheberger Weg 34, Müncheberg	446.378	5.820.035	60,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0

### Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattungsdauer	
		Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr	Max.Schattendauer/Tag	Stunden/Jahr	
		[h/a]	[d/a]	[h/d]	[h/a]	
RZ01	Bahnhofstraße 3, Müncheberg	42:03	87	0:48	4:38	
RZ02	Jahnsfelder Weg 5, Müncheberg	19:45	38	0:42	1:52	
RZ03	Jahnsfelder Weg 4, Müncheberg	21:12	40	0:42	2:01	
RZ04	Jahnsfelder Weg 3, Müncheberg	14:38	34	0:36	1:22	
RZ05	Trebnitzer Weg 1, Müncheberg	26:52	78	0:29	8:59	
RZ06	Marienfeld 1e, Müncheberg	15:46	62	0:21	5:16	
RZ07	Bahnhofstraße 1, Müncheberg	7:25	27	0:21	2:12	
RZ08	Müncheberger Weg 34, Müncheberg	22:51	80	0:24	6:19	



Projekt: **23-1-3079** Beschreibung: Windpark Müncheberg, Landkreis Märkisch-Oberland, Bundesland Brandenburg

Lizenziertes Anwender: **Ramboll Deutschland GmbH**  
 Elisabeth-Consruch-Straße 3  
 DE-34131 Kassel



Berechnet: 21.06.2023 12:44/3.6.366

## SHADOW - Hauptergebnis

### Berechnung: Zusatzbelastung

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal [h/a]	Erwartet [h/a]
WEA 1	ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (1)	22:58	3:42
WEA 2	ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (2)	35:50	5:23
WEA 3	ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (3)	17:08	1:42
WEA 4	ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (4)	20:33	3:38
WEA 5	ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (5)	6:49	1:41
WEA 6	ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (6)	15:46	5:16
WEA 7	ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (7)	26:52	8:59

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

Die Berechnung der Gesamtsumme für einen Rezeptor arbeitet mit einer gemittelten Richtungskorrektur für alle WEA, die an einem gegebenen Tag zur Beschattung beitragen. Wenn der Schattenwurf durch mehrere WEA an einem Tag nicht gleichzeitig stattfindet, kann die so ermittelte Summe geringfügig von der Summe der Beschattungszeiten abweichen, die für die individuellen WEA berechnet werden.

## SHADOW - Hauptergebnis

### Berechnung: Gesamtbelastung Annahmen für Schattenwurfberechnung

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

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

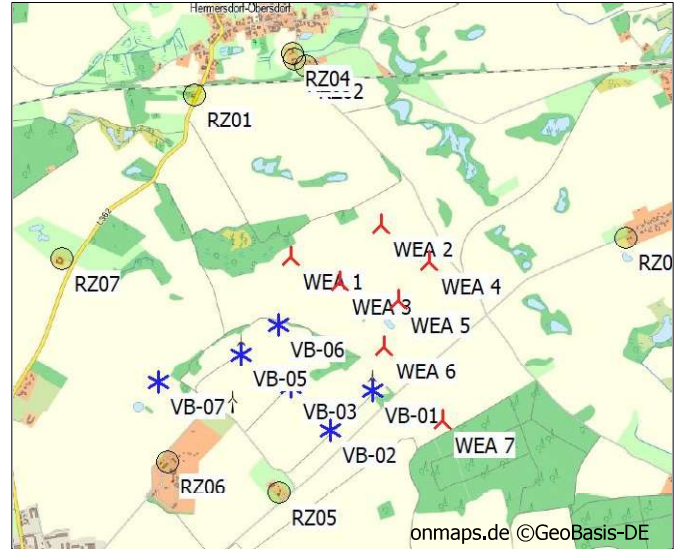
Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) []  
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez  
1,65 2,71 4,16 6,57 7,48 7,80 7,68 7,19 5,53 3,68 1,77 1,29

Betriebsdauer je Sektor  
N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe  
348 287 527 819 652 510 596 914 1.281 1.259 855 560 8.608

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

Verwendete Höhenlinien: DGM 5 Brandenburg  
Rasterauflösung: 1,0 m

Alle Koordinatenangaben in:  
UTM (north)-ETRS89 Zone: 33



Maßstab 1:50.000  
▲ Neue WEA  
✳ Existierende WEA  
● Schattenrezeptor

### WEA

Nr.	Orientierung			Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung [kW]	Rotordurchmesser [m]	Nabenhöhe [m]	Schattendaten	
	Ost	Nord	Z		Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich [m]	U/min [U/min]
VB-01	444.681	5.819.042	75,0	VESTAS V90 2000 90.0 !...	Ja	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	105,0	1.506	14,9
VB-02	444.398	5.818.788	85,0	VESTAS V90 2000 90.0 !...	Ja	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	105,0	1.506	14,9
VB-03	444.140	5.819.077	80,5	VESTAS V90 2000 90.0 !...	Ja	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	105,0	1.506	14,9
VB-05	443.813	5.819.294	80,0	VESTAS V90 2000 90.0 !...	Ja	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	105,0	1.506	14,9
VB-06	444.063	5.819.493	68,4	VESTAS V126-3450 126.0...	Ja	VESTAS	V126-3.45-3.450	3.450	126,0	149,0	1.717	11,8
VB-07	443.260	5.819.117	77,7	VESTAS V126-3.45 3450 ...	Ja	VESTAS	V126-3.45-3.450	3.450	126,0	149,0	1.717	11,8
WEA 1	444.151	5.819.931	65,0	ENERCON E-138 EP3 E3 ...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E3-4.260	4.260	138,3	160,0	1.686	10,8
WEA 2	444.754	5.820.144	65,0	ENERCON E-138 EP3 E3 ...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E3-4.260	4.260	138,3	160,0	1.686	10,8
WEA 3	444.472	5.819.763	69,8	ENERCON E-138 EP3 E3 ...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E3-4.260	4.260	138,3	160,0	1.686	10,8
WEA 4	445.065	5.819.892	65,0	ENERCON E-138 EP3 E3 ...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E3-4.260	4.260	138,3	160,0	1.686	10,8
WEA 5	444.860	5.819.641	65,0	ENERCON E-138 EP3 E3 ...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E3-4.260	4.260	138,3	160,0	1.686	10,8
WEA 6	444.761	5.819.333	69,7	ENERCON E-138 EP3 E3 ...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E3-4.260	4.260	138,3	160,0	1.686	10,8
WEA 7	445.144	5.818.840	70,0	ENERCON E-138 EP3 E3 ...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E3-4.260	4.260	138,3	160,0	1.686	10,8

### Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[m]	
RZ01	Bahnhofstraße 3, Müncheberg	443.525	5.821.016	60,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ02	Jahnsfelder Weg 5, Müncheberg	444.269	5.821.199	51,1	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ03	Jahnsfelder Weg 4, Müncheberg	444.190	5.821.243	50,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ04	Jahnsfelder Weg 3, Müncheberg	444.180	5.821.285	50,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ05	Trebnitzer Weg 1, Müncheberg	444.056	5.818.377	80,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ06	Marienfeld 1e, Müncheberg	443.317	5.818.589	81,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ07	Bahnhofstraße 1, Müncheberg	442.630	5.819.942	65,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
RZ08	Müncheberger Weg 34, Müncheberg	446.378	5.820.035	60,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0

### Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattungsdauer	
		Stunden/Jahr [h/a]	Schattentage/Jahr [d/a]	Max.Schattendauer/Tag [h/d]	Stunden/Jahr [h/a]	
RZ01	Bahnhofstraße 3, Müncheberg	42:03	87	0:48	4:38	
RZ02	Jahnsfelder Weg 5, Müncheberg	19:45	38	0:42	1:52	

(Fortsetzung nächste Seite)...

## SHADOW - Hauptergebnis

### Berechnung: Gesamtbelastung

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattungsdauer	
		Stunden/Jahr [h/a]	Schattentage/Jahr [d/a]	Max.Schattendauer/Tag [h/d]	Stunden/Jahr [h/a]	
RZ03	Jahnsfelder Weg 4, Müncheberg	21:12	40	0:42	2:01	
RZ04	Jahnsfelder Weg 3, Müncheberg	14:38	34	0:36	1:22	
RZ05	Trebnitzer Weg 1, Müncheberg	26:52	78	0:29	8:59	
RZ06	Marienfeld 1e, Müncheberg	40:18	125	0:29	13:26	
RZ07	Bahnhofstraße 1, Müncheberg	50:22	156	0:30	7:37	
RZ08	Müncheberger Weg 34, Müncheberg	22:51	80	0:24	6:19	

### Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal	Erwartet
		[h/a]	[h/a]
VB-01	VESTAS V90 2000 90.0 !O! NH: 105,0 m (Ges:150,0 m) (1)	3:37	1:13
VB-02	VESTAS V90 2000 90.0 !O! NH: 105,0 m (Ges:150,0 m) (2)	6:46	2:16
VB-03	VESTAS V90 2000 90.0 !O! NH: 105,0 m (Ges:150,0 m) (3)	18:54	6:15
VB-05	VESTAS V90 2000 90.0 !O! NH: 105,0 m (Ges:150,0 m) (4)	4:30	0:52
VB-06	VESTAS V126-3450 126.0 !O! NH: 149,0 m (Ges:212,0 m) (6)	6:17	1:23
VB-07	VESTAS V126-3.45 3450 126.0 !O! NH: 149,0 m (Ges:212,0 m) (7)	32:10	3:23
WEA 1	ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (1)	22:58	3:42
WEA 2	ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (2)	35:50	5:23
WEA 3	ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (3)	17:08	1:42
WEA 4	ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (4)	20:33	3:38
WEA 5	ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (5)	6:49	1:41
WEA 6	ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (6)	15:46	5:16
WEA 7	ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (7)	26:52	8:59

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

Die Berechnung der Gesamtsumme für einen Rezeptor arbeitet mit einer gemittelten Richtungskorrektur für alle WEA, die an einem gegebenen Tag zur Beschattung beitragen. Wenn der Schattenwurf durch mehrere WEA an einem Tag nicht gleichzeitig stattfindet, kann die so ermittelte Summe geringfügig von der Summe der Beschattungszeiten abweichen, die für die individuellen WEA berechnet werden.

## SHADOW - Kalender

**Berechnung:** Gesamtbelastung **Schattenrezeptor:** RZ01 - Bahnhofstraße 3, Müncheberg

**Annahmen für Schattenwurfberechnung**

Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) []

Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez  
1,65 2,71 4,16 6,57 7,48 7,80 7,68 7,19 5,53 3,68 1,77 1,29

Betriebsdauer je Sektor

N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe  
348 287 527 819 652 510 596 914 1.281 1.259 855 560 8.608

	Januar	Februar	März	April	Mai	Jun
1	08:15	09:09 (WEA 3)   07:47	08:19 (WEA 2)   06:52	06:40	05:34	04:48
	16:00	45 10:02 (WEA 1)   16:48	12 08:31 (WEA 2)   17:41	19:37	20:29	21:16
2	08:15	09:10 (WEA 3)   07:46	08:17 (WEA 2)   06:50	06:38	05:32	04:47
	16:01	44 10:03 (WEA 1)   16:50	16 08:33 (WEA 2)   17:43	19:38	20:31	21:17
3	08:15	09:10 (WEA 3)   07:44	08:16 (WEA 2)   06:48	06:36	05:30	04:46
	16:02	44 10:03 (WEA 1)   16:52	18 08:34 (WEA 2)   17:45	19:40	20:32	21:18
4	08:14	09:10 (WEA 3)   07:42	08:15 (WEA 2)   06:46	06:33	05:28	04:45
	16:03	44 10:03 (WEA 1)   16:54	19 08:34 (WEA 2)   17:47	19:42	20:34	21:19
5	08:14	09:11 (WEA 3)   07:41	08:16 (WEA 2)   06:44	06:31	05:27	04:45
	16:04	42 10:03 (WEA 1)   16:56	20 08:36 (WEA 2)   17:49	19:44	20:36	21:20
6	08:14	09:11 (WEA 3)   07:39	08:15 (WEA 2)   06:41	06:29	05:25	04:44
	16:05	41 10:03 (WEA 1)   16:58	21 08:36 (WEA 2)   17:50	19:45	20:37	21:21
7	08:13	09:13 (WEA 3)   07:37	08:15 (WEA 2)   06:39	06:26	05:23	04:43
	16:07	39 10:03 (WEA 1)   17:00	21 08:36 (WEA 2)   17:52	19:47	20:39	21:22
8	08:13	09:13 (WEA 3)   07:35	08:15 (WEA 2)   06:37	06:24	05:21	04:43
	16:08	37 10:02 (WEA 1)   17:02	22 08:37 (WEA 2)   17:54	19:49	20:41	21:23
9	08:12	09:13 (WEA 3)   07:33	08:15 (WEA 2)   06:34	06:22	05:19	04:42
	16:09	36 10:02 (WEA 1)   17:04	21 08:36 (WEA 2)   17:56	19:51	20:43	21:24
10	08:12	09:15 (WEA 3)   07:32	08:15 (WEA 2)   06:32	06:20	05:18	04:42
	16:11	33 10:02 (WEA 1)   17:05	21 08:36 (WEA 2)   17:58	19:52	20:44	21:25
11	08:11	09:15 (WEA 3)   07:30	08:16 (WEA 2)   06:30	06:17	05:16	04:41
	16:12	30 10:01 (WEA 1)   17:07	20 08:36 (WEA 2)   18:00	19:54	20:46	21:26
12	08:11	09:16 (WEA 3)   07:28	08:16 (WEA 2)   06:27	06:15	05:14	04:41
	16:14	25 09:59 (WEA 1)   17:09	19 08:35 (WEA 2)   18:01	19:56	20:47	21:26
13	08:10	09:17 (WEA 3)   07:26	08:17 (WEA 2)   06:25	06:13	05:12	04:41
	16:15	16 09:33 (WEA 3)   17:11	17 08:34 (WEA 2)   18:03	19:58	20:49	21:27
14	08:09	09:18 (WEA 3)   07:24	08:19 (WEA 2)   06:23	06:11	05:11	04:40
	16:17	14 09:32 (WEA 3)   17:13	14 08:33 (WEA 2)   18:05	19:59	20:51	21:28
15	08:08	09:20 (WEA 3)   07:22	08:21 (WEA 2)   06:20	06:08	05:09	04:40
	16:18	12 09:32 (WEA 3)   17:15	10 08:31 (WEA 2)   18:07	20:01	20:52	21:28
16	08:07	09:21 (WEA 3)   07:20	06:18	06:06	05:08	04:40
	16:20	9 09:30 (WEA 3)   17:17	18:08	20:03	20:54	21:29
17	08:06	09:25 (WEA 3)   07:18	06:16	06:04	05:06	04:40
	16:22	3 09:28 (WEA 3)   17:19	18:10	20:05	20:55	21:29
18	08:05	07:16	06:13	06:02	05:05	04:40
	16:23	17:21	18:12	20:06	20:57	21:30
19	08:04	07:14	06:11	05:59	05:03	04:40
	16:25	17:23	18:14	20:08	20:58	21:30
20	08:03	07:12	06:09	05:57	05:02	04:40
	16:27	17:24	18:16	20:10	21:00	21:30
21	08:02	07:10	06:06	05:55	05:00	04:40
	16:28	17:26	18:17	20:12	21:01	21:31
22	08:01	07:08	06:04	05:53	04:59	04:40
	16:30	17:28	18:19	20:13	21:03	21:31
23	08:00	07:06	06:02	05:51	04:58	04:41
	16:32	17:30	18:21	20:15	21:04	21:31
24	07:59	07:03	05:59	05:49	04:56	04:41
	16:34	17:32	18:23	20:17	21:06	21:31
25	07:57	07:01	05:57	05:47	04:55	04:41
	16:35	17:34	18:24	20:19	21:07	21:31
26	07:56	06:59	05:55	05:44	04:54	04:42
	16:37	17:36	18:26	20:20	21:09	21:31
27	07:55	06:57	05:52	05:42	04:53	04:42
	16:39	17:38	18:28	20:22	21:10	21:31
28	07:53	06:55	05:50	05:40	04:52	04:43
	16:41	17:39	18:30	20:24	21:11	21:31
29	07:52		06:48	05:38	04:51	04:43
	16:43		19:31	20:26	21:12	21:31
30	07:50		06:45	05:36	04:50	04:44
	16:45		19:33	20:27	21:14	21:31
31	07:49	08:21 (WEA 2)	06:43		04:49	
	16:46	9 08:30 (WEA 2)	19:35		21:15	
Sonnenscheinstunden	256	276	367	417	488	502
astr.max.mögl.Beschattung	523	271				
Red.Sonnenscheinwahrsch.	0,20	0,27				
Reduktion Betriebsdauer	0,98	0,98				
Reduktion Windrichtung	0,57	0,61				
Gesamte Reduktion	0,11	0,16				
Met.wahrsch.Beschattung	58	44				

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

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



SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung Schattenrezeptor: RZ01 - Bahnhofstraße 3, Müncheberg
Annahmen für Schattenwurfberechnung
Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) []
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez
1,65 2,71 4,16 6,57 7,48 7,80 7,68 7,19 5,53 3,68 1,77 1,29

Table with 12 columns: N, NNO, ONO, O, OSO, SSO, S, SSW, WSW, W, WNW, NNW, Summe. Values: 348, 287, 527, 819, 652, 510, 596, 914, 1.281, 1.259, 855, 560, 8.608

Main shadow calculation table with columns for months (July to December) and rows for each hour of the day (1:04:44 to 31:20:59). Includes summary rows for 'Sonnenscheinstunden', 'astr.max.mögl.Beschattung', 'Red.Sonnenscheinwahrsch.', 'Reduktion Betriebsdauer', 'Reduktion Windrichtung', 'Gesamte Reduktion', and 'Met.wahrsch.Beschattung'.

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

Table with 4 columns: Tag im Monat, Sonnenaufgang (SS:MM), Sonnenuntergang (SS:MM), Minuten mit Schatten. Sub-headers: Zeitpunkt (SS:MM) Schattenanfang (WEA mit erstem Schatten), Zeitpunkt (SS:MM) Schattenende (WEA mit letztem Schatten)

Projekt: 23-1-3079 Beschreibung: Windpark MÜNCHENBERG, Landkreis Märkisch-Oberland, Bundesland Brandenburg

Lizenzierter Anwender: Ramboll Deutschland GmbH Elisabeth-Consbruch-Straße 3 DE-34131 Kassel



Berechnet: 21.06.2023 12:55/3.6.366

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung Schattenrezeptor: RZ02 - Jahnsfelder Weg 5, MÜNCHENBERG
Annahmen für Schattenwurfberechnung
Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) []
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez
1,65 2,71 4,16 6,57 7,48 7,80 7,68 7,19 5,53 3,68 1,77 1,29

Betriebsdauer je Sektor
N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe
348 287 527 819 652 510 596 914 1.281 1.259 855 560 8.608

Table with columns for months (Januar to Dezember) and rows for hourly intervals (08:15 to 16:46). Includes summary rows for Sonnenscheinstunden, astr.max.mögl.Beschattung, Red.Sonnenscheinwahrsch., Reduktion Betriebsdauer, Reduktion Windrichtung, Gesamte Reduktion, Met.wahrsch.Beschattung.

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

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

Projekt: 23-1-3079 Beschreibung: Windpark MÜNCHENBERG, Landkreis Märkisch-Oberland, Bundesland Brandenburg

Lizenzierter Anwender: Ramboll Deutschland GmbH Elisabeth-Consbruch-Straße 3 DE-34131 Kassel



Berechnet: 21.06.2023 12:55/3.6.366

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung Schattenrezeptor: RZ03 - Jahnsfelder Weg 4, MÜNCHENBERG
Annahmen für Schattenwurfberechnung
Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) []
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez
1,65 2,71 4,16 6,57 7,48 7,80 7,68 7,19 5,53 3,68 1,77 1,29

Betriebsdauer je Sektor

Table with 13 columns: N, NNO, ONO, O, OSO, SSO, S, SSW, WSW, W, WNW, NNW, Summe. Values range from 287 to 8.608.

Main shadow calculation table with columns for months (Januar to Dezember) and rows for time slots (08:15 to 16:46). Includes summary rows for solar hours and reduction factors.

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

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

Projekt:

23-1-3079

Beschreibung:

Windpark Muencheberg, Landkreis Markisch-Oberland, Bundesland Brandenburg

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH

Elisabeth-Consbruch-Strae 3 DE-34131 Kassel



Berechnet:

21.06.2023 12:55/3.6.366

### SHADOW - Kalender

**Berechnung:** Gesamtbelastung **Schattenrezeptor:** RZ04 - Jahnsfelder Weg 3, Muencheberg  
**Annahmen für Schattenwurfberechnung** Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere taegliche Sonnenstunden) []

Jan Feb Maer Apr Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez  
1,65 2,71 4,16 6,57 7,48 7,80 7,68 7,19 5,53 3,68 1,77 1,29

Betriebsdauer je Sektor

N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe  
348 287 527 819 652 510 596 914 1.281 1.259 855 560 8.608

Table with columns for months (Januar to Dezember) and rows for hourly solar radiation (08:15 to 16:46) and summary statistics (Sonnenscheinstunden, astr. max. mögl. Beschattung, Red. Sonnenscheinwahrsch., etc.).

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

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





Projekt: 23-1-3079 Beschreibung: Windpark Müncheberg, Landkreis Märkisch-Oberland, Bundesland Brandenburg

Lizenzierter Anwender: Ramboll Deutschland GmbH Elisabeth-Consruch-Straße 3 DE-34131 Kassel



Berechnet: 21.06.2023 12:55/3.6.366

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung Schattenrezeptor: RZ05 - Trebnitzer Weg 1, Müncheberg  
 Annahmen für Schattenwurfberechnung: Sonnenscheinwahrscheinlichkeit 5 (Mittlere tägliche Sonnenstunden) []  
 Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez  
 1,65 2,71 4,16 6,57 7,48 7,80 7,68 7,19 5,53 3,68 1,77 1,29

Betriebsdauer je Sektor

N	NNO	ONO	O	OSO	SSO	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Summe
348	287	527	819	652	510	596	914	1.281	1.259	855	560	8.608

	Januar	Februar	März	April	Mai	Jun						
1	08:15	07:47	06:52	06:40	05:34	04:48		05:50 (WEA 7)				
	16:00	16:48	17:41	19:37	20:29	21:16	22	06:12 (WEA 7)				
2	08:15	07:45	06:50	06:38	05:32	04:47		05:50 (WEA 7)				
	16:01	16:50	17:43	19:38	20:31	21:17	21	06:11 (WEA 7)				
3	08:15	07:44	06:48	06:36	05:30	04:46		05:51 (WEA 7)				
	16:02	16:52	17:45	19:40	20:32	21:18	20	06:11 (WEA 7)				
4	08:14	07:42	06:46	06:33	05:29	04:45		05:52 (WEA 7)				
	16:03	16:54	17:47	19:42	20:34	21:19	19	06:11 (WEA 7)				
5	08:14	07:40	06:43	06:31	05:27	04:45		05:52 (WEA 7)				
	16:04	16:56	17:49	19:44	20:36	21:20	18	06:10 (WEA 7)				
6	08:14	07:39	06:41	06:29	05:25	04:44		05:53 (WEA 7)				
	16:05	16:58	17:50	19:45	20:37	21:21	17	06:10 (WEA 7)				
7	08:13	07:37	06:39	06:26	05:23	05:55 (WEA 7)		04:43				
	16:07	17:00	17:52	19:47	20:39	9	06:04 (WEA 7)	21:22	15	06:09 (WEA 7)		
8	08:13	07:35	06:37	06:24	05:21	05:53 (WEA 7)		04:43		05:55 (WEA 7)		
	16:08	17:02	17:54	19:49	20:41	14	06:07 (WEA 7)	21:23	14	06:09 (WEA 7)		
9	08:12	07:33	06:34	06:22	05:19	05:51 (WEA 7)		04:42		05:55 (WEA 7)		
	16:09	17:04	17:56	19:51	20:42	17	06:08 (WEA 7)	21:24	13	06:08 (WEA 7)		
10	08:12	07:32	06:32	06:20	05:18	05:49 (WEA 7)		04:42		05:56 (WEA 7)		
	16:11	17:05	17:58	19:52	20:44	20	06:09 (WEA 7)	21:25	11	06:07 (WEA 7)		
11	08:11	07:30	06:30	06:17	05:16	05:49 (WEA 7)		04:41		05:58 (WEA 7)		
	16:12	17:07	17:59	19:54	20:46	22	06:11 (WEA 7)	21:26	9	06:07 (WEA 7)		
12	08:10	07:28	06:27	06:15	05:14	05:47 (WEA 7)		04:41		05:59 (WEA 7)		
	16:14	17:09	18:01	19:56	20:47	24	06:11 (WEA 7)	21:26	8	06:07 (WEA 7)		
13	08:10	07:26	06:25	06:13	05:12	05:47 (WEA 7)		04:41		06:00 (WEA 7)		
	16:15	17:11	18:03	19:58	20:49	25	06:12 (WEA 7)	21:27	5	06:05 (WEA 7)		
14	08:09	07:24	06:23	06:11	05:11	05:46 (WEA 7)		04:41		06:02 (WEA 7)		
	16:17	17:13	18:05	19:59	20:51	26	06:12 (WEA 7)	21:28	1	06:03 (WEA 7)		
15	08:08	07:22	06:20	06:08	05:09	05:46 (WEA 7)		04:40				
	16:18	17:15	18:07	20:01	20:52	27	06:13 (WEA 7)	21:28				
16	08:07	07:20	06:18	06:06	05:08	05:45 (WEA 7)		04:40				
	16:20	17:17	18:08	20:03	20:54	28	06:13 (WEA 7)	21:29				
17	08:06	07:18	06:16	06:04	05:06	05:46 (WEA 7)		04:40				
	16:22	17:19	18:10	20:05	20:55	27	06:13 (WEA 7)	21:29				
18	08:05	07:16	06:13	06:02	05:05	05:46 (WEA 7)		04:40				
	16:23	17:21	18:12	20:06	20:57	28	06:14 (WEA 7)	21:30				
19	08:04	07:14	06:11	05:59	05:03	05:45 (WEA 7)		04:40				
	16:25	17:23	18:14	20:08	20:58	28	06:13 (WEA 7)	21:30				
20	08:03	07:12	06:09	05:57	05:02	05:45 (WEA 7)		04:40				
	16:27	17:24	18:16	20:10	21:00	29	06:14 (WEA 7)	21:30				
21	08:02	07:10	06:06	05:55	05:00	05:46 (WEA 7)		04:40				
	16:28	17:26	18:17	20:12	21:01	28	06:14 (WEA 7)	21:30				
22	08:01	07:08	06:04	05:53	04:59	05:46 (WEA 7)		04:41				
	16:30	17:28	18:19	20:13	21:03	28	06:14 (WEA 7)	21:31				
23	08:00	07:05	06:02	05:51	04:58	05:45 (WEA 7)		04:41				
	16:32	17:30	18:21	20:15	21:04	28	06:13 (WEA 7)	21:31				
24	07:58	07:03	05:59	05:49	04:56	05:46 (WEA 7)		04:41				
	16:34	17:32	18:23	20:17	21:06	27	06:13 (WEA 7)	21:31				
25	07:57	07:01	05:57	05:47	04:55	05:46 (WEA 7)		04:41				
	16:35	17:34	18:24	20:18	21:07	27	06:13 (WEA 7)	21:31				
26	07:56	06:59	05:55	05:44	04:54	05:46 (WEA 7)		04:42				
	16:37	17:36	18:26	20:20	21:08	27	06:13 (WEA 7)	21:31				
27	07:54	06:57	05:52	05:42	04:53	05:47 (WEA 7)		04:42				
	16:39	17:38	18:28	20:22	21:10	26	06:13 (WEA 7)	21:31				
28	07:53	06:55	05:50	05:40	04:52	05:47 (WEA 7)		04:43				
	16:41	17:39	18:30	20:24	21:11	25	06:12 (WEA 7)	21:31				
29	07:52		06:48	05:38	04:51	05:48 (WEA 7)		04:43		06:04 (WEA 7)		
	16:43		19:31	20:25	21:12	24	06:12 (WEA 7)	21:31	4	06:08 (WEA 7)		
30	07:50		06:45	05:36	04:50	05:49 (WEA 7)		04:44		06:03 (WEA 7)		
	16:45		19:33	20:27	21:14	24	06:13 (WEA 7)	21:30	6	06:09 (WEA 7)		
31	07:49		06:43		04:49	05:49 (WEA 7)						
	16:47		19:35		21:15	23	06:12 (WEA 7)					
Sonnenscheinstunden	256	276	367	417	488		502					
astr.max.mögl.Beschattung					611			203				
Red.Sonnenscheinwahrsch.					0,48			0,47				
Reduktion Betriebsdauer					0,98			0,98				
Reduktion Windrichtung					0,72			0,72				
Gesamte Reduktion					0,34			0,33				
Met.wahrsch.Beschattung					205			67				

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

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

Projekt: **23-1-3079** Beschreibung: Windpark Müncheberg, Landkreis Märkisch-Oberland, Bundesland Brandenburg

Lizenzierter Anwender: **Ramboll Deutschland GmbH**  
Elisabeth-Consruch-Straße 3  
DE-34131 Kassel



Berechnet: 21.06.2023 12:55/3.6.366

## SHADOW - Kalender

**Berechnung:** Gesamtbelastung **Schattenrezeptor:** RZ05 - Trebnitzer Weg 1, Müncheberg  
**Annahmen für Schattenwurfberechnung** Sonnenscheinwahrscheinlichkeit 5 (Mittlere tägliche Sonnenstunden) []  
 Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez  
 1,65 2,71 4,16 6,57 7,48 7,80 7,68 7,19 5,53 3,68 1,77 1,29

Betriebsdauer je Sektor  
 N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe  
 348 287 527 819 652 510 596 914 1.281 1.259 855 560 8.608

	Juli		August		September		Oktober		November		Dezember	
1	04:44	06:02 (WEA 7)	05:22	05:58 (WEA 7)	06:13	07:03	06:58	07:51				
	21:30	9 06:11 (WEA 7)	20:57	23 06:21 (WEA 7)	19:54	18:43	16:36	15:54				
2	04:45	06:02 (WEA 7)	05:24	06:00 (WEA 7)	06:15	07:05	07:00	07:52				
	21:30	10 06:12 (WEA 7)	20:56	21 06:21 (WEA 7)	19:52	18:41	16:34	15:53				
3	04:46	06:01 (WEA 7)	05:25	06:00 (WEA 7)	06:16	07:07	07:02	07:53				
	21:29	12 06:13 (WEA 7)	20:54	19 06:19 (WEA 7)	19:49	18:39	16:32	15:53				
4	04:47	06:00 (WEA 7)	05:27	06:02 (WEA 7)	06:18	07:08	07:04	07:55				
	21:29	14 06:14 (WEA 7)	20:52	16 06:18 (WEA 7)	19:47	18:36	16:30	15:52				
5	04:48	06:00 (WEA 7)	05:28	06:03 (WEA 7)	06:20	07:10	07:06	07:56				
	21:28	15 06:15 (WEA 7)	20:50	13 06:16 (WEA 7)	19:45	18:34	16:28	15:52				
6	04:48	06:00 (WEA 7)	05:30	06:07 (WEA 7)	06:21	07:12	07:08	07:58				
	21:28	16 06:16 (WEA 7)	20:49	6 06:13 (WEA 7)	19:42	18:32	16:27	15:51				
7	04:49	06:00 (WEA 7)	05:32		06:23	07:14	07:09	07:59				
	21:27	17 06:17 (WEA 7)	20:47		19:40	18:29	16:25	15:51				
8	04:50	05:58 (WEA 7)	05:33		06:25	07:15	07:11	08:00				
	21:27	19 06:17 (WEA 7)	20:45		19:38	18:27	16:23	15:50				
9	04:51	05:58 (WEA 7)	05:35		06:26	07:17	07:13	08:01				
	21:26	19 06:17 (WEA 7)	20:43		19:35	18:25	16:21	15:50				
10	04:52	05:58 (WEA 7)	05:36		06:28	07:19	07:15	08:02				
	21:25	20 06:18 (WEA 7)	20:41		19:33	18:22	16:20	15:50				
11	04:53	05:57 (WEA 7)	05:38		06:30	07:21	07:17	08:04				
	21:24	22 06:19 (WEA 7)	20:39		19:31	18:20	16:18	15:50				
12	04:54	05:57 (WEA 7)	05:40		06:31	07:22	07:19	08:05				
	21:24	22 06:19 (WEA 7)	20:37		19:28	18:18	16:17	15:50				
13	04:56	05:57 (WEA 7)	05:41		06:33	07:24	07:20	08:06				
	21:23	23 06:20 (WEA 7)	20:35		19:26	18:16	16:15	15:50				
14	04:57	05:57 (WEA 7)	05:43		06:35	07:26	07:22	08:07				
	21:22	24 06:21 (WEA 7)	20:33		19:24	18:13	16:13	15:50				
15	04:58	05:57 (WEA 7)	05:45		06:36	07:28	07:24	08:07				
	21:21	25 06:22 (WEA 7)	20:31		19:21	18:11	16:12	15:50				
16	04:59	05:56 (WEA 7)	05:46		06:38	07:29	07:26	08:08				
	21:20	26 06:22 (WEA 7)	20:29		19:19	18:09	16:11	15:50				
17	05:00	05:56 (WEA 7)	05:48		06:40	07:31	07:28	08:09				
	21:19	26 06:22 (WEA 7)	20:27		19:16	18:07	16:09	15:50				
18	05:02	05:56 (WEA 7)	05:50		06:41	07:33	07:29	08:10				
	21:17	26 06:22 (WEA 7)	20:25		19:14	18:04	16:08	15:50				
19	05:03	05:55 (WEA 7)	05:51		06:43	07:35	07:31	08:11				
	21:16	28 06:23 (WEA 7)	20:23		19:12	18:02	16:06	15:50				
20	05:04	05:56 (WEA 7)	05:53		06:45	07:37	07:33	08:11				
	21:15	28 06:24 (WEA 7)	20:21		19:09	18:00	16:05	15:51				
21	05:06	05:56 (WEA 7)	05:55		06:46	07:38	07:35	08:12				
	21:14	28 06:24 (WEA 7)	20:18		19:07	17:58	16:04	15:51				
22	05:07	05:55 (WEA 7)	05:56		06:48	07:40	07:36	08:12				
	21:12	28 06:23 (WEA 7)	20:16		19:05	17:56	16:03	15:52				
23	05:08	05:56 (WEA 7)	05:58		06:50	07:42	07:38	08:13				
	21:11	28 06:24 (WEA 7)	20:14		19:02	17:54	16:02	15:52				
24	05:10	05:56 (WEA 7)	06:00		06:51	07:44	07:40	08:13				
	21:10	28 06:24 (WEA 7)	20:12		19:00	17:52	16:01	15:53				
25	05:11	05:55 (WEA 7)	06:01		06:53	06:46	07:41	08:14				
	21:08	29 06:24 (WEA 7)	20:10		18:57	16:50	15:59	15:53				
26	05:13	05:56 (WEA 7)	06:03		06:55	06:47	07:43	08:14				
	21:07	28 06:24 (WEA 7)	20:08		18:55	16:48	15:58	15:54				
27	05:14	05:56 (WEA 7)	06:05		06:56	06:49	07:44	08:14				
	21:05	28 06:24 (WEA 7)	20:05		18:53	16:46	15:58	15:55				
28	05:16	05:57 (WEA 7)	06:06		06:58	06:51	07:46	08:15				
	21:04	27 06:24 (WEA 7)	20:03		18:50	16:44	15:57	15:56				
29	05:17	05:57 (WEA 7)	06:08		07:00	06:53	07:48	08:15				
	21:02	26 06:23 (WEA 7)	20:01		18:48	16:42	15:56	15:56				
30	05:19	05:57 (WEA 7)	06:10		07:02	06:55	07:49	08:15				
	21:01	25 06:22 (WEA 7)	19:59		18:46	16:40	15:55	15:57				
31	05:20	05:58 (WEA 7)	06:11			06:57		08:15				
	20:59	24 06:22 (WEA 7)	19:56			16:38		15:58				
Sonnenscheinstunden	505		456		381	331	264	241				
astr.max.mögl.Beschattung	700		98									
Red.Sonnenscheinwahrsch.	0,47		0,49									
Reduktion Betriebsdauer	0,98		0,98									
Reduktion Windrichtung	0,72		0,72									
Gesamte Reduktion	0,33		0,35									
Met.wahrsch.Beschattung	233		34									

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

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



**SHADOW - Kalender**

**Berechnung:** Gesamtbelastung **Schattenrezeptor:** RZ06 - Marienfeld 1e, Müncheberg  
**Annahmen für Schattenwurfberechnung** Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) []  
 Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez  
 1,65 2,71 4,16 6,57 7,48 7,80 7,68 7,19 5,53 3,68 1,77 1,29

Betriebsdauer je Sektor

N	NNO	ONO	O	OSO	SSO	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Summe
348	287	527	819	652	510	596	914	1.281	1.259	855	560	8.608

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni		
1	08:15	07:47	06:52	06:41	05:34	06:01 (VB-01)	04:48	05:22 (VB-03)
	16:00	16:48	17:41	19:37	20:29	14	06:15 (VB-01)	21:16
2	08:15	07:45	06:50	06:38	05:32	06:01 (VB-01)	04:47	05:21 (VB-03)
	16:01	16:50	17:43	19:38	20:31	13	06:14 (VB-01)	21:17
3	08:15	07:44	06:48	06:36	05:30	06:01 (VB-01)	04:46	05:22 (VB-03)
	16:02	16:52	17:45	19:40	20:32	12	06:13 (VB-01)	21:18
4	08:14	07:42	06:46	06:33	05:29	06:03 (VB-01)	04:45	05:22 (VB-03)
	16:03	16:54	17:47	19:42	20:34	9	06:12 (VB-01)	21:19
5	08:14	07:40	06:44	06:31	05:27	06:05 (VB-01)	04:45	05:21 (VB-03)
	16:04	16:56	17:49	19:44	20:36	5	06:10 (VB-01)	21:20
6	08:14	07:39	06:41	06:29	05:25		04:44	05:22 (VB-03)
	16:05	16:58	17:50	19:45	20:37		21:21	27
7	08:13	07:37	06:39	06:27	05:23		04:43	05:21 (VB-03)
	16:07	17:00	17:52	19:47	20:39		21:22	27
8	08:13	07:35	06:37	06:24	05:21		04:43	05:22 (VB-03)
	16:08	17:02	17:54	19:49	20:41		21:23	26
9	08:12	07:33	06:34	06:22	05:19		04:42	05:22 (VB-03)
	16:09	17:04	17:56	19:51	20:42		21:24	26
10	08:12	07:32	06:32	06:20	05:18		04:42	05:22 (VB-03)
	16:11	17:06	17:58	19:52	20:44		21:25	25
11	08:11	07:30	06:30	06:17	05:16		04:41	05:22 (VB-03)
	16:12	17:07	18:00	19:54	20:46		21:26	24
12	08:11	07:28	06:27	06:15	05:14		04:41	05:22 (VB-03)
	16:14	17:09	18:01	19:56	20:47		21:26	24
13	08:10	07:26	06:25	06:13	06:38 (VB-02)	05:13	05:39 (WEA 6)	04:41
	16:15	17:11	18:03	19:58	8	06:46 (VB-02)	20:49	2
14	08:09	07:24	06:23	06:11	06:35 (VB-02)	05:11	05:37 (WEA 6)	04:41
	16:17	17:13	18:05	19:59	13	06:48 (VB-02)	20:51	7
15	08:08	07:22	06:20	06:08	06:34 (VB-02)	05:09	05:36 (WEA 6)	04:40
	16:18	17:15	18:07	20:01	15	06:49 (VB-02)	20:52	10
16	08:07	07:20	06:18	06:06	06:32 (VB-02)	05:08	05:34 (WEA 6)	04:40
	16:20	17:17	18:08	20:03	17	06:49 (VB-02)	20:54	13
17	08:06	07:18	06:16	06:04	06:31 (VB-02)	05:06	05:33 (WEA 6)	04:40
	16:22	17:19	18:10	20:05	19	06:50 (VB-02)	20:55	15
18	08:05	07:16	06:13	06:02	06:31 (VB-02)	05:05	05:32 (WEA 6)	04:40
	16:23	17:21	18:12	20:06	19	06:50 (VB-02)	20:57	17
19	08:04	07:14	06:11	05:59	06:31 (VB-02)	05:03	05:30 (WEA 6)	04:40
	16:25	17:23	18:14	20:08	19	06:50 (VB-02)	20:58	19
20	08:03	07:12	06:09	05:57	06:31 (VB-02)	05:02	05:30 (WEA 6)	04:40
	16:27	17:25	18:16	20:10	19	06:50 (VB-02)	21:00	20
21	08:02	07:10	06:06	05:55	06:31 (VB-02)	05:00	05:30 (WEA 6)	04:40
	16:28	17:26	18:17	20:12	18	06:49 (VB-02)	21:01	20
22	08:01	07:08	06:04	05:53	06:31 (VB-02)	04:59	05:30 (WEA 6)	04:41
	16:30	17:28	18:19	20:13	17	06:48 (VB-02)	21:03	21
23	08:00	07:06	06:02	05:51	06:32 (VB-02)	04:58	05:30 (WEA 6)	04:41
	16:32	17:30	18:21	20:15	15	06:47 (VB-02)	21:04	21
24	07:59	07:03	05:59	05:49	06:33 (VB-02)	04:56	05:30 (WEA 6)	04:41
	16:34	17:32	18:23	20:17	13	06:46 (VB-02)	21:06	20
25	07:57	07:01	05:57	05:47	06:11 (VB-01)	04:55	05:27 (VB-03)	04:41
	16:36	17:34	18:24	20:19	12	06:44 (VB-02)	21:07	24
26	07:56	06:59	05:55	05:45	06:09 (VB-01)	04:54	05:25 (VB-03)	04:42
	16:37	17:36	18:26	20:20	6	06:15 (VB-01)	21:08	26
27	07:55	06:57	05:52	05:42	06:07 (VB-01)	04:53	05:24 (VB-03)	04:42
	16:39	17:38	18:28	20:22	9	06:16 (VB-01)	21:10	27
28	07:53	06:55	05:50	05:40	06:05 (VB-01)	04:52	05:23 (VB-03)	04:43
	16:41	17:39	18:30	20:24	11	06:16 (VB-01)	21:11	27
29	07:52		06:48	05:38	06:03 (VB-01)	04:51	05:23 (VB-03)	04:43
	16:43		19:31	20:25	13	06:16 (VB-01)	21:12	27
30	07:50		06:45	05:36	06:01 (VB-01)	04:50	05:23 (VB-03)	04:44
	16:45		19:33	20:27	14	06:15 (VB-01)	21:14	28
31	07:49		06:43			04:49	05:22 (VB-03)	
	16:47		19:35			21:15	05:51 (WEA 6)	
Sonnenscheinstunden	256	276	367	417	488		502	
astr.max.mögl.Beschattung				257		426		740
Red.Sonnenscheinwahrsch.				0,47		0,48		0,47
Reduktion Betriebsdauer				0,98		0,98		0,98
Reduktion Windrichtung				0,71		0,72		0,72
Gesamte Reduktion				0,33		0,34		0,33
Met.wahrsch.Beschattung				85		143		244

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

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

Projekt: 23-1-3079 Beschreibung: Windpark Müncheberg, Landkreis Märkisch-Oberland, Bundesland Brandenburg

Lizenzierter Anwender: Ramboll Deutschland GmbH Elisabeth-Consbruch-Straße 3 DE-34131 Kassel



Berechnet: 21.06.2023 12:55/3.6.366

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung Schattenrezeptor: RZ06 - Marienfeld 1e, Müncheberg
Annahmen für Schattenwurfberechnung
Sonnscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) []
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez
1,65 2,71 4,16 6,57 7,48 7,80 7,68 7,19 5,53 3,68 1,77 1,29

Betriebsdauer je Sektor
N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe
348 287 527 819 652 510 596 914 1.281 1.259 855 560 8.608

Table with columns for months (Juli, August, September, Oktober, November, Dezember) and rows for days (1-31) showing sunrise/sunset times and shadow data.

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

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

Projekt: **23-1-3079** Beschreibung: Windpark Müncheberg, Landkreis Märkisch-Oberland, Bundesland Brandenburg

Lizenzierter Anwender: **Ramboll Deutschland GmbH**  
Elisabeth-Consruch-Straße 3  
DE-34131 Kassel



Berechnet: 21.06.2023 12:55/3.6.366

### SHADOW - Kalender

**Berechnung:** Gesamtbelastung **Schattenrezeptor:** RZ07 - Bahnhofstraße 1, Müncheberg

**Annahmen für Schattenwurfberechnung**

Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) []

Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez  
1,65 2,71 4,16 6,57 7,48 7,80 7,68 7,19 5,53 3,68 1,77 1,29

Betriebsdauer je Sektor

N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe  
348 287 527 819 652 510 596 914 1.281 1.259 855 560 8.608

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
1	08:15	09:12 (VB-07)   07:47	06:53	07:18 (VB-06)   06:41	07:10 (WEA 1)   05:34	04:48
	16:00	22 09:34 (VB-07)   16:48	17:41	9 07:27 (VB-06)   19:37	21 07:31 (WEA 1)   20:29	21:16
2	08:15	09:13 (VB-07)   07:46	06:50	07:16 (VB-06)   06:38	07:10 (WEA 1)   05:32	04:47
	16:01	22 09:35 (VB-07)   16:50	17:43	13 07:29 (VB-06)   19:38	21 07:31 (WEA 1)   20:31	21:17
3	08:15	09:13 (VB-07)   07:44	06:48	07:15 (VB-06)   06:36	07:10 (WEA 1)   05:30	04:46
	16:02	23 09:36 (VB-07)   16:52	17:45	16 07:31 (VB-06)   19:40	21 07:31 (WEA 1)   20:32	21:18
4	08:14	09:13 (VB-07)   07:42	06:46	07:13 (VB-06)   06:34	07:10 (WEA 1)   05:29	04:45
	16:03	23 09:36 (VB-07)   16:54	17:47	18 07:31 (VB-06)   19:42	19 07:29 (WEA 1)   20:34	21:19
5	08:14	09:13 (VB-07)   07:41	06:44	07:13 (VB-06)   06:31	07:10 (WEA 1)   05:27	04:45
	16:04	25 09:38 (VB-07)   16:56	17:49	19 07:32 (VB-06)   19:44	19 07:29 (WEA 1)   20:36	21:20
6	08:14	09:13 (VB-07)   07:39	06:41	07:13 (VB-06)   06:29	07:11 (WEA 1)   05:25	04:44
	16:05	25 09:38 (VB-07)   16:58	17:50	19 07:32 (VB-06)   19:45	17 07:28 (WEA 1)   20:37	21:21
7	08:13	09:14 (VB-07)   07:37	06:39	07:12 (VB-06)   06:27	07:13 (WEA 1)   05:23	04:43
	16:07	25 09:39 (VB-07)   17:00	17:52	19 07:31 (VB-06)   19:47	13 07:26 (WEA 1)   20:39	21:22
8	08:13	09:13 (VB-07)   07:35	06:37	07:12 (VB-06)   06:24	07:14 (WEA 1)   05:21	04:43
	16:08	27 09:40 (VB-07)   17:02	17:54	19 07:31 (VB-06)   19:49	9 07:23 (WEA 1)   20:41	21:23
9	08:12	09:13 (VB-07)   07:33	06:34	07:13 (VB-06)   06:22	05:19	04:42
	16:09	27 09:40 (VB-07)   17:04	17:56	17 07:30 (VB-06)   19:51	20:43	21:24
10	08:12	09:14 (VB-07)   07:32	06:32	07:13 (VB-06)   06:20	05:18	04:42
	16:11	27 09:41 (VB-07)   17:06	2 07:59 (VB-05)   17:58	16 07:29 (VB-06)   19:52	20:44	21:25
11	08:11	09:14 (VB-07)   07:30	07:56 (VB-05)   06:30	07:14 (VB-06)   06:17	05:16	04:41
	16:12	28 09:42 (VB-07)   17:07	9 08:05 (VB-05)   18:00	13 07:27 (VB-06)   19:54	20:46	21:26
12	08:11	09:14 (VB-07)   07:28	07:54 (VB-05)   06:28	07:17 (VB-06)   06:15	05:14	04:41
	16:14	28 09:42 (VB-07)   17:09	12 08:06 (VB-05)   18:01	8 07:25 (VB-06)   19:56	20:47	21:26
13	08:10	09:14 (VB-07)   07:26	07:53 (VB-05)   06:25	06:13	05:13	04:41
	16:15	29 09:43 (VB-07)   17:11	14 08:07 (VB-05)   18:03	19:58	20:49	21:27
14	08:09	09:14 (VB-07)   07:24	07:53 (VB-05)   06:23	06:11	05:11	04:41
	16:17	29 09:43 (VB-07)   17:13	15 08:08 (VB-05)   18:05	19:59	20:51	21:28
15	08:08	09:15 (VB-07)   07:22	07:53 (VB-05)   06:21	06:08	05:09	04:40
	16:18	29 09:44 (VB-07)   17:15	15 08:08 (VB-05)   18:07	20:01	20:52	21:28
16	08:07	09:15 (VB-07)   07:20	07:53 (VB-05)   06:18	06:06	05:08	04:40
	16:20	29 09:44 (VB-07)   17:17	15 08:08 (VB-05)   18:09	20:03	20:54	21:29
17	08:06	09:15 (VB-07)   07:18	07:53 (VB-05)   06:16	06:04	05:06	04:40
	16:22	30 09:45 (VB-07)   17:19	15 08:08 (VB-05)   18:10	20:05	20:55	21:29
18	08:06	09:16 (VB-07)   07:16	07:54 (VB-05)   06:13	06:02	05:05	04:40
	16:23	29 09:45 (VB-07)   17:21	14 08:08 (VB-05)   18:12	20:06	20:57	21:30
19	08:04	09:16 (VB-07)   07:14	07:54 (VB-05)   06:11	05:59	05:03	04:40
	16:25	29 09:45 (VB-07)   17:23	12 08:06 (VB-05)   18:14	20:08	20:58	21:30
20	08:03	09:16 (VB-07)   07:12	07:55 (VB-05)   06:09	05:57	05:02	04:40
	16:27	29 09:45 (VB-07)   17:25	9 08:04 (VB-05)   18:16	20:10	21:00	21:30
21	08:02	09:17 (VB-07)   07:10	06:06	05:55	05:00	04:40
	16:28	29 09:46 (VB-07)   17:26	18:17	20:12	21:01	21:31
22	08:01	09:17 (VB-07)   07:08	06:04	05:53	04:59	04:41
	16:30	28 09:45 (VB-07)   17:28	18:19	20:13	21:03	21:31
23	08:00	09:18 (VB-07)   07:06	06:02	05:51	04:58	04:41
	16:32	27 09:45 (VB-07)   17:30	18:21	20:15	21:04	21:31
24	07:59	09:19 (VB-07)   07:03	05:59	05:49	04:56	04:41
	16:34	26 09:45 (VB-07)   17:32	18:23	20:17	21:06	21:31
25	07:57	09:19 (VB-07)   07:01	05:57	05:47	04:55	04:41
	16:36	26 09:45 (VB-07)   17:34	18:24	20:19	21:07	21:31
26	07:56	09:21 (VB-07)   06:59	05:55	05:45	04:54	04:42
	16:37	24 09:45 (VB-07)   17:36	18:26	20:20	21:09	21:31
27	07:55	09:21 (VB-07)   06:57	05:52	05:42	04:53	04:42
	16:39	22 09:43 (VB-07)   17:38	18:28	10 06:27 (WEA 1)   20:22	21:10	21:31
28	07:53	09:22 (VB-07)   06:55	05:50	06:15 (WEA 1)   05:40	04:52	04:43
	16:41	20 09:42 (VB-07)   17:39	18:30	15 06:30 (WEA 1)   20:24	21:11	21:31
29	07:52	09:24 (VB-07)	06:48	07:13 (WEA 1)   05:38	04:51	04:43
	16:43	18 09:42 (VB-07)	19:31	17 07:30 (WEA 1)   20:26	21:12	21:31
30	07:50	09:26 (VB-07)	06:45	07:12 (WEA 1)   05:36	04:50	04:44
	16:45	13 09:39 (VB-07)	19:33	19 07:31 (WEA 1)   20:27	21:14	21:31
31	07:49	09:30 (VB-07)	06:43	07:12 (WEA 1)	04:49	
	16:47	7 09:37 (VB-07)	19:35	20 07:32 (WEA 1)	21:15	
Sonnenscheinstunden	256	276	367	417	488	502
astr.max.mögl.Beschattung	775	132	267	140		
Red.Sonnenscheinwahrsch.	0,20	0,27	0,35	0,47		
Reduktion Betriebsdauer	0,98	0,98	0,98	0,98		
Reduktion Windrichtung	0,57	0,63	0,67	0,70		
Gesamte Reduktion	0,11	0,17	0,22	0,32		
Met.wahrsch.Beschattung	84	22	60	44		

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

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

### SHADOW - Kalender

**Berechnung:** Gesamtbelastung **Schattenrezeptor:** RZ07 - Bahnhofstraße 1, Müncheberg  
**Annahmen für Schattenwurfberechnung** Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) []  
 Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez  
 1,65 2,71 4,16 6,57 7,48 7,80 7,68 7,19 5,53 3,68 1,77 1,29

Betriebsdauer je Sektor

N	NNO	ONO	O	OSO	SSO	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Summe
348	287	527	819	652	510	596	914	1.281	1.259	855	560	8.608

	July	August	September	Oktober	November	Dezember		
1	04:44	05:22	06:13	07:03	07:57 (VB-06)	06:59		07:51
	21:30	20:57	19:54	18:43	5 08:02 (VB-06)	16:36		15:54 28 09:24 (VB-07)
2	04:45	05:24	06:15	07:05	07:54 (VB-06)	07:00		07:52 08:56 (VB-07)
	21:30	20:56	19:52	18:41	11 08:05 (VB-06)	16:34		15:54 28 09:24 (VB-07)
3	04:46	05:25	06:16	07:07	07:51 (VB-06)	07:02		07:54 08:57 (VB-07)
	21:30	20:54	19:49	18:39	15 08:06 (VB-06)	16:32		15:53 27 09:24 (VB-07)
4	04:47	05:27	06:18	07:11 (WEA 1)	07:09	07:50 (VB-06)	07:04	07:55 08:57 (VB-07)
	21:29	20:52	19:47	9 07:20 (WEA 1)	18:36	17 08:07 (VB-06)	16:30	15:52 27 09:24 (VB-07)
5	04:48	05:28	06:20	07:09 (WEA 1)	07:10	07:49 (VB-06)	07:06	07:56 08:59 (VB-07)
	21:29	20:51	19:45	13 07:22 (WEA 1)	18:34	19 08:08 (VB-06)	16:28	15:52 25 09:24 (VB-07)
6	04:48	05:30	06:21	07:07 (WEA 1)	07:12	07:49 (VB-06)	07:08	07:58 08:59 (VB-07)
	21:28	20:49	19:43	17 07:24 (WEA 1)	18:32	19 08:08 (VB-06)	16:27	15:51 25 09:24 (VB-07)
7	04:49	05:32	06:23	07:06 (WEA 1)	07:14	07:48 (VB-06)	07:10	07:59 08:59 (VB-07)
	21:28	20:47	19:40	18 07:24 (WEA 1)	18:29	19 08:07 (VB-06)	16:25	15:51 25 09:24 (VB-07)
8	04:50	05:33	06:25	07:05 (WEA 1)	07:15	07:48 (VB-06)	07:11	08:00 09:01 (VB-07)
	21:27	20:45	19:38	20 07:25 (WEA 1)	18:27	19 08:07 (VB-06)	16:23	15:50 24 09:25 (VB-07)
9	04:51	05:35	06:26	07:04 (WEA 1)	07:17	07:48 (VB-06)	07:13	08:01 09:01 (VB-07)
	21:26	20:43	19:35	20 07:24 (WEA 1)	18:25	18 08:06 (VB-06)	16:21	15:50 23 09:24 (VB-07)
10	04:52	05:36	06:28	07:03 (WEA 1)	07:19	07:49 (VB-06)	07:15	08:03 09:02 (VB-07)
	21:25	20:41	19:33	21 07:24 (WEA 1)	18:22	17 08:06 (VB-06)	16:20	15:50 22 09:24 (VB-07)
11	04:53	05:38	06:30	07:03 (WEA 1)	07:21	07:50 (VB-06)	07:17	08:04 09:02 (VB-07)
	21:25	20:39	19:31	21 07:24 (WEA 1)	18:20	14 08:04 (VB-06)	16:18	7 09:08 (VB-07) 15:50 22 09:24 (VB-07)
12	04:54	05:40	06:31	07:03 (WEA 1)	07:22	07:50 (VB-06)	07:19	08:58 (VB-07) 08:05 09:03 (VB-07)
	21:24	20:37	19:28	20 07:23 (WEA 1)	18:18	12 08:02 (VB-06)	16:17	14 09:12 (VB-07) 15:50 21 09:24 (VB-07)
13	04:56	05:41	06:33	07:03 (WEA 1)	07:24	07:53 (VB-06)	07:21	08:56 (VB-07) 08:06 09:04 (VB-07)
	21:23	20:35	19:26	19 07:22 (WEA 1)	18:16	6 07:59 (VB-06)	16:15	18 09:14 (VB-07) 15:50 20 09:24 (VB-07)
14	04:57	05:43	06:35	07:04 (WEA 1)	07:26		07:22	08:55 (VB-07) 08:07 09:05 (VB-07)
	21:22	20:33	19:24	18 07:22 (WEA 1)	18:13		16:14	20 09:15 (VB-07) 15:50 20 09:25 (VB-07)
15	04:58	05:45	06:36	07:04 (WEA 1)	07:28		07:24	08:54 (VB-07) 08:08 09:05 (VB-07)
	21:21	20:31	19:21	15 07:19 (WEA 1)	18:11		16:12	22 09:16 (VB-07) 15:50 20 09:25 (VB-07)
16	04:59	05:46	06:38	07:06 (WEA 1)	07:29		07:26	08:54 (VB-07) 08:09 09:06 (VB-07)
	21:20	20:29	19:19	11 07:17 (WEA 1)	18:09		16:11	24 09:18 (VB-07) 15:50 19 09:25 (VB-07)
17	05:00	05:48	06:40	07:10 (WEA 1)	07:31		07:28	08:53 (VB-07) 08:09 09:07 (VB-07)
	21:19	20:27	19:17	2 07:12 (WEA 1)	18:07		16:09	26 09:19 (VB-07) 15:50 19 09:26 (VB-07)
18	05:02	05:50	06:41		07:33		07:29	08:53 (VB-07) 08:10 09:08 (VB-07)
	21:18	20:25	19:14		18:05		16:08	26 09:19 (VB-07) 15:50 18 09:26 (VB-07)
19	05:03	05:51	06:43		07:35		07:31	08:52 (VB-07) 08:11 09:08 (VB-07)
	21:16	20:23	19:12		18:02		16:07	27 09:19 (VB-07) 15:50 18 09:26 (VB-07)
20	05:04	05:53	06:45		07:37		07:33	08:52 (VB-07) 08:11 09:09 (VB-07)
	21:15	20:21	19:09		18:00		16:05	28 09:20 (VB-07) 15:51 18 09:27 (VB-07)
21	05:06	05:55	06:46		07:38	08:28 (VB-05)	07:35	08:52 (VB-07) 08:12 09:10 (VB-07)
	21:14	20:19	19:07		17:58	5 08:33 (VB-05)	16:04	29 09:21 (VB-07) 15:51 17 09:27 (VB-07)
22	05:07	05:56	06:48		07:40	08:25 (VB-05)	07:36	08:52 (VB-07) 08:13 09:10 (VB-07)
	21:13	20:16	19:05		17:56	10 08:35 (VB-05)	16:03	29 09:21 (VB-07) 15:52 17 09:27 (VB-07)
23	05:08	05:58	06:50		07:42	08:24 (VB-05)	07:38	08:53 (VB-07) 08:13 09:10 (VB-07)
	21:11	20:14	19:02		17:54	12 08:36 (VB-05)	16:02	29 09:22 (VB-07) 15:52 17 09:27 (VB-07)
24	05:10	06:00	06:52		07:44	08:23 (VB-05)	07:40	08:53 (VB-07) 08:14 09:11 (VB-07)
	21:10	20:12	19:00		17:52	14 08:37 (VB-05)	16:01	29 09:22 (VB-07) 15:53 18 09:29 (VB-07)
25	05:11	06:01	06:53		06:46	07:22 (VB-05)	07:41	08:53 (VB-07) 08:14 09:11 (VB-07)
	21:08	20:10	18:57		16:50	16 07:38 (VB-05)	15:59	30 09:23 (VB-07) 15:53 18 09:29 (VB-07)
26	05:13	06:03	06:55		06:48	07:22 (VB-05)	07:43	08:53 (VB-07) 08:14 09:11 (VB-07)
	21:07	20:08	18:55		16:48	16 07:38 (VB-05)	15:58	29 09:22 (VB-07) 15:54 18 09:29 (VB-07)
27	05:14	06:05	06:57		06:49	07:22 (VB-05)	07:45	08:54 (VB-07) 08:15 09:11 (VB-07)
	21:05	20:05	18:53		16:46	16 07:38 (VB-05)	15:58	29 09:23 (VB-07) 15:55 19 09:30 (VB-07)
28	05:16	06:06	06:58		06:51	07:22 (VB-05)	07:46	08:54 (VB-07) 08:15 09:12 (VB-07)
	21:04	20:03	18:50		16:44	15 07:37 (VB-05)	15:57	29 09:23 (VB-07) 15:56 20 09:32 (VB-07)
29	05:17	06:08	07:00		06:53	07:23 (VB-05)	07:48	08:54 (VB-07) 08:15 09:13 (VB-07)
	21:02	20:01	18:48		16:42	14 07:37 (VB-05)	15:56	29 09:23 (VB-07) 15:56 19 09:32 (VB-07)
30	05:19	06:10	07:02		06:55	07:24 (VB-05)	07:49	08:55 (VB-07) 08:15 09:13 (VB-07)
	21:01	19:59	18:46		16:40	12 07:36 (VB-05)	15:55	28 09:23 (VB-07) 15:57 20 09:33 (VB-07)
31	05:20	06:11			06:57	07:26 (VB-05)		08:15 09:12 (VB-07)
	20:59	19:56			16:38	8 07:34 (VB-05)		15:58 21 09:33 (VB-07)
Sonnenscheinstunden	505	456	381	331	264			241
astr.max.mögl.Beschattung			224	329		502		653
Red.Sonnenscheinwahrsch.			0,44	0,35		0,20		0,17
Reduktion Betriebsdauer			0,98	0,98		0,98		0,98
Reduktion Windrichtung			0,70	0,64		0,57		0,57
Gesamte Reduktion			0,29	0,21		0,11		0,09
Met.wahrsch.Beschattung			65	70		55		59

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

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



SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung Schattenrezeptor: RZ08 - Müncheberger Weg 34, Müncheberg
Annahmen für Schattenwurfberechnung
Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) []
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez
1,65 2,71 4,16 6,57 7,48 7,80 7,68 7,19 5,53 3,68 1,77 1,29

Table with 13 columns: N, NNO, ONO, O, OSO, SSO, S, SSW, WSW, W, WNW, NNW, Summe. Values range from 348 to 8.608.

Main shadow calculation table with columns for months (Januar to Juni) and rows for each day of the month, showing start/end times and WEA values.

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

Summary table with 4 columns: Tag im Monat, Sonnenaufgang (SS:MM), Sonnenuntergang (SS:MM), Minuten mit Schatten, Zeitpunkt (SS:MM) Schattenanfang, Zeitpunkt (SS:MM) Schattenende.



### SHADOW - Kalender

**Berechnung:** Gesamtbelastung **Schattenrezeptor:** RZ08 - Müncheberger Weg 34, Müncheberg  
**Annahmen für Schattenwurfberechnung** Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) []  
 Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez  
 1,65 2,71 4,16 6,57 7,48 7,80 7,68 7,19 5,53 3,68 1,77 1,29

Betriebsdauer je Sektor

N	NNO	ONO	O	OSO	SSO	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Summe
348	287	527	819	652	510	596	914	1.281	1.259	855	560	8.608

	July	August	September	Oktober	November	Dezember		
1	04:44	05:22	06:13	18:53 (WEA 2)	07:03	17:41 (WEA 5)	06:58	07:51
	21:30	20:57	19:54	13 19:06 (WEA 2)	18:43	18 17:59 (WEA 5)	16:36	15:54
2	04:45	05:23	06:15	18:51 (WEA 2)	07:05	17:39 (WEA 5)	07:00	07:52
	21:30	20:56	19:52	16 19:07 (WEA 2)	18:41	19 17:58 (WEA 5)	16:34	15:53
3	04:46	05:25	06:16	18:50 (WEA 2)	07:07	17:39 (WEA 5)	07:02	07:53
	21:29	20:54	19:49	18 19:08 (WEA 2)	18:38	20 17:59 (WEA 5)	16:32	15:53
4	04:46	05:27	06:18	18:49 (WEA 2)	07:08	17:39 (WEA 5)	07:04	07:55
	21:29	20:52	19:47	19 19:08 (WEA 2)	18:36	20 17:59 (WEA 5)	16:30	15:52
5	04:47	05:28	06:20	18:49 (WEA 2)	07:10	17:39 (WEA 5)	07:06	07:56
	21:28	20:50	19:45	19 19:08 (WEA 2)	18:34	20 17:59 (WEA 5)	16:28	15:52
6	04:48	05:30	06:21	18:48 (WEA 2)	07:12	17:38 (WEA 5)	07:08	07:57
	21:28	20:48	19:42	19 19:07 (WEA 2)	18:31	19 17:57 (WEA 5)	16:26	15:51
7	04:49	05:31	06:23	18:48 (WEA 2)	07:13	17:38 (WEA 5)	07:09	07:59
	21:27	20:47	19:40	19 19:07 (WEA 2)	18:29	18 17:56 (WEA 5)	16:25	15:51
8	04:50	05:33	06:25	18:48 (WEA 2)	07:15	17:39 (WEA 5)	07:11	08:00
	21:27	20:45	19:38	19 19:07 (WEA 2)	18:27	16 17:55 (WEA 5)	16:23	15:50
9	04:51	05:35	06:26	18:48 (WEA 2)	07:17	17:41 (WEA 5)	07:13	08:01
	21:26	20:43	19:35	17 19:05 (WEA 2)	18:24	13 17:54 (WEA 5)	16:21	15:50
10	04:52	05:36	06:28	18:49 (WEA 2)	07:19	17:43 (WEA 5)	07:15	08:02
	21:25	20:41	19:33	15 19:04 (WEA 2)	18:22	9 17:52 (WEA 5)	16:20	15:50
11	04:53	05:38	06:30	18:49 (WEA 2)	07:20		07:17	08:03
	21:24	20:39	19:31	12 19:01 (WEA 2)	18:20		16:18	15:50
12	04:54	05:40	06:31	18:16 (WEA 4)	07:22		07:19	08:05
	21:24	20:37	19:28	15 18:58 (WEA 2)	18:18		16:16	15:49
13	04:55	05:41	06:33	18:13 (WEA 4)	07:24		07:20	08:06
	21:23	20:35	19:26	15 18:28 (WEA 4)	18:15		16:15	15:49
14	04:56	05:43	06:35	18:11 (WEA 4)	07:26		07:22	08:07
	21:22	20:33	19:23	17 18:28 (WEA 4)	18:13		16:13	15:49
15	04:58	05:44	06:36	18:10 (WEA 4)	07:28		07:24	08:07
	21:21	20:31	19:21	20 18:30 (WEA 4)	18:11		16:12	15:49
16	04:59	05:46	06:38	18:09 (WEA 4)	07:29		07:26	08:08
	21:20	20:29	19:19	21 18:30 (WEA 4)	18:09		16:10	15:49
17	05:00	05:48	06:40	18:07 (WEA 4)	07:31		07:27	08:09
	21:19	20:27	19:16	23 18:30 (WEA 4)	18:07		16:09	15:50
18	05:01	05:49	06:41	18:07 (WEA 4)	07:33		07:29	08:10
	21:17	20:25	19:14	23 18:30 (WEA 4)	18:04		16:08	15:50
19	05:03	05:51	06:43	18:05 (WEA 4)	07:35		07:31	08:11
	21:16	20:23	19:12	24 18:29 (WEA 4)	18:02		16:06	15:50
20	05:04	05:53	06:45	18:06 (WEA 4)	07:36		07:33	08:11
	21:15	20:21	19:09	23 18:29 (WEA 4)	18:00		16:05	15:50
21	05:05	05:54	06:46	18:06 (WEA 4)	07:38		07:34	08:12
	21:14	20:18	19:07	23 18:29 (WEA 4)	17:58		16:04	15:51
22	05:07	05:56	06:48	18:05 (WEA 4)	07:40		07:36	08:12
	21:12	20:16	19:04	22 18:27 (WEA 4)	17:56		16:03	15:51
23	05:08	05:58	06:50	18:06 (WEA 4)	07:42		07:38	08:13
	21:11	20:14	19:02	20 18:26 (WEA 4)	17:54		16:01	15:52
24	05:10	05:59	06:51	18:07 (WEA 4)	07:44		07:40	08:13
	21:10	20:12	19:00	18 18:25 (WEA 4)	17:52		16:00	15:52
25	05:11	06:01	06:53	18:08 (WEA 4)	06:45		07:41	08:14
	21:08	20:10	18:57	15 18:23 (WEA 4)	16:49		15:59	15:53
26	05:13	06:03	06:55	18:10 (WEA 4)	06:47		07:43	08:14
	21:07	20:07	18:55	10 18:20 (WEA 4)	16:47		15:58	15:54
27	05:14	06:05	06:56		06:49		07:44	08:14
	21:05	20:05	18:53		16:45		15:57	15:55
28	05:16	06:06	06:58	17:48 (WEA 5)	06:51		07:46	08:15
	21:04	20:03	18:50	6 17:54 (WEA 5)	16:43		15:56	15:55
29	05:17	06:08	07:00	17:44 (WEA 5)	06:53		07:48	08:15
	21:02	20:01	18:48	12 17:56 (WEA 5)	16:41		15:56	15:56
30	05:19	06:10	07:01	17:42 (WEA 5)	06:55		07:49	08:15
	21:01	19:58	18:45	16 17:58 (WEA 5)	16:39		15:55	15:57
31	05:20	06:11	18:56 (WEA 2)		06:56			08:15
	20:59	19:56	8 19:04 (WEA 2)		16:37			15:58
Sonnenscheinstunden	505	456	381		331		264	241
astr.max.mögl.Beschattung			8		509			172
Red.Sonnenscheinwahrsch.			0,49		0,44			0,35
Reduktion Betriebsdauer			0,98		0,98			0,98
Reduktion Windrichtung			0,69		0,70			0,71
Gesamte Reduktion			0,33		0,30			0,24
Met.wahrsch.Beschattung			3		153			41

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

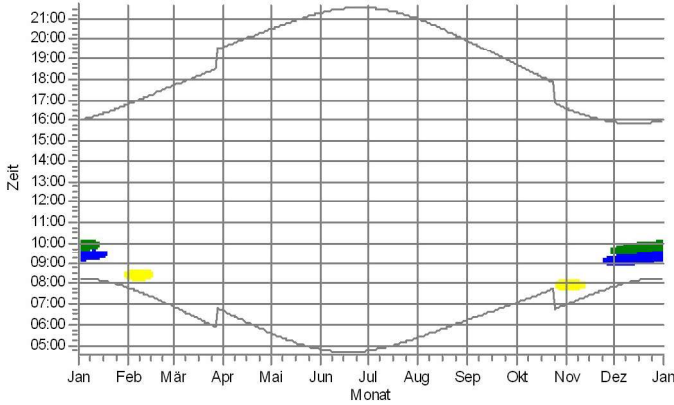
Tag im Monat	Sonnenaufgang (SS:MM)	Zeitpunkt (SS:MM)	Schattenanfang (WEA mit erstem Schatten)
	Sonnenuntergang (SS:MM)	Minuten mit Schatten	Zeitpunkt (SS:MM) Schattenende (WEA mit letztem Schatten)



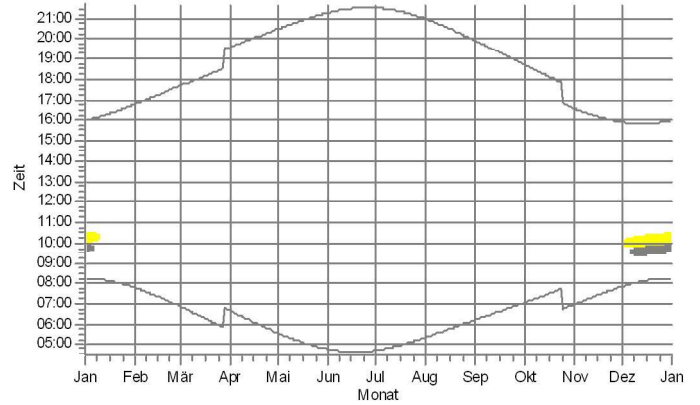
## SHADOW - Grafischer Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung

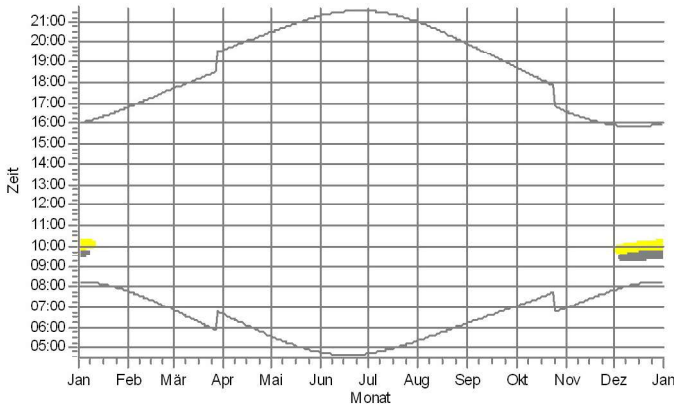
RZ01: Bahnhofstraße 3, Müncheberg



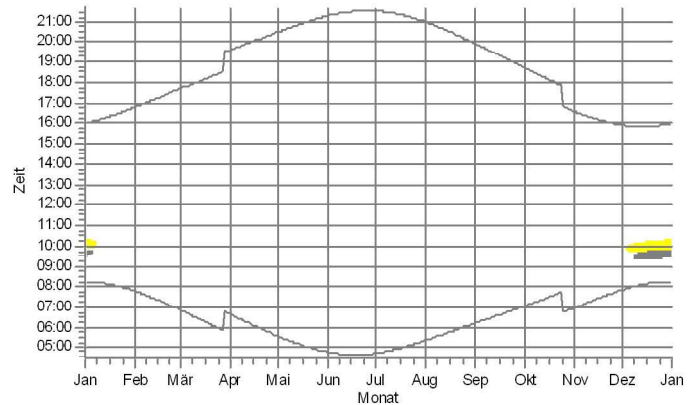
RZ02: Jahnsfelder Weg 5, Müncheberg



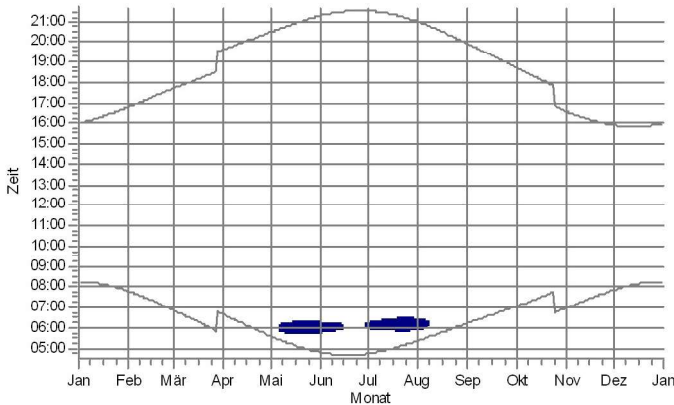
RZ03: Jahnsfelder Weg 4, Müncheberg



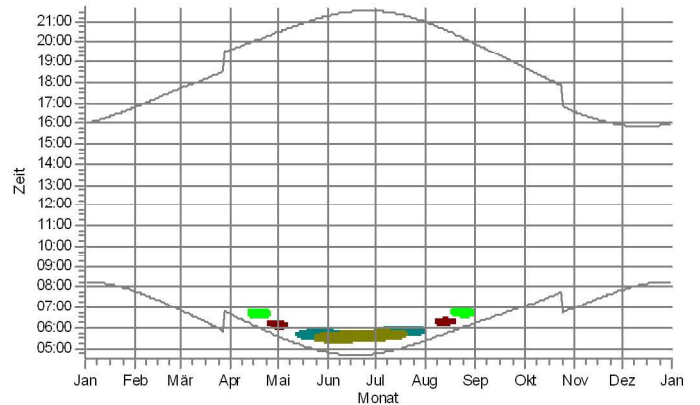
RZ04: Jahnsfelder Weg 3, Müncheberg



RZ05: Trebnitzer Weg 1, Müncheberg



RZ06: Marienfeld 1e, Müncheberg



WEA

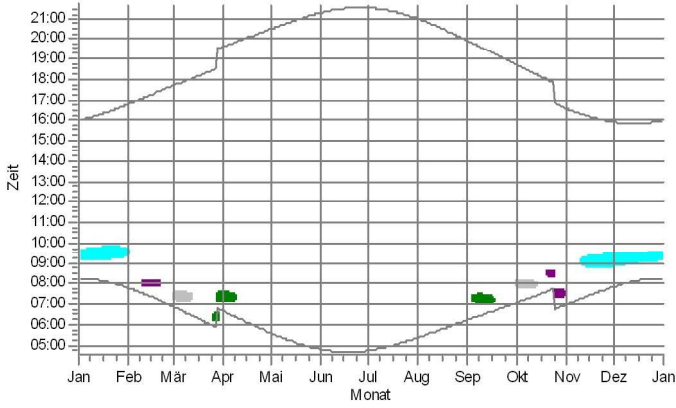
- WEA 1: ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (1)
- WEA 2: ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (2)
- WEA 3: ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (3)
- WEA 4: ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (4)
- WEA 6: ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (6)

- WEA 7: ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (7)
- VB-01: VESTAS V90 2000 90.0 !O! NH: 105,0 m (Ges:150,0 m) (1)
- VB-02: VESTAS V90 2000 90.0 !O! NH: 105,0 m (Ges:150,0 m) (2)
- VB-03: VESTAS V90 2000 90.0 !O! NH: 105,0 m (Ges:150,0 m) (3)

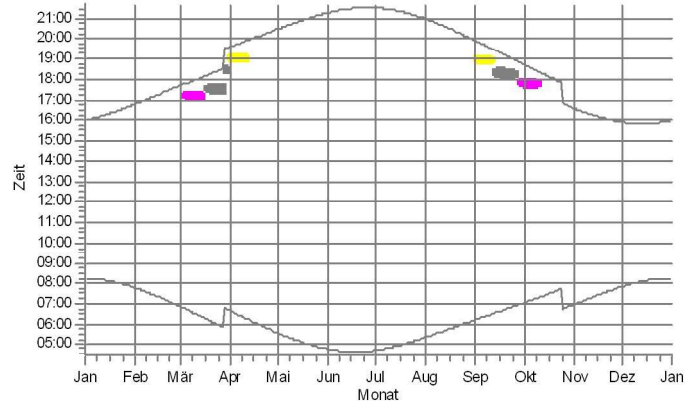
## SHADOW - Grafischer Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung

RZ07: Bahnhofstraße 1, Müncheberg



RZ08: Müncheberger Weg 34, Müncheberg



WEA

- WEA 1: ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (1)
- WEA 2: ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (2)
- WEA 4: ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (4)
- WEA 5: ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (5)

- VB-05: VESTAS V90 2000 90.0 !O! NH: 105,0 m (Ges:150,0 m) (4)
- VB-06: VESTAS V126-3450 126.0 !O! NH: 149,0 m (Ges:212,0 m) (6)
- VB-07: VESTAS V126-3.45 3450 126.0 !O! NH: 149,0 m (Ges:212,0 m) (7)

## Anhang: Akkreditierung



### Deutsche Akkreditierungsstelle

#### Anlage zur Akkreditierungsurkunde D-PL-21488-01-00 nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018

**Gültig ab:** 14.12.2022

Ausstellungsdatum: 14.12.2022

Inhaber der Akkreditierungsurkunde:

**Ramboll Deutschland GmbH**

mit den Standorten:

**Elisabeth-Consbruch-Straße 3, 34131 Kassel**

**Lister Straße 9, 30163 Hannover**

Das Prüflaboratorium erfüllt die Mindestanforderungen gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 und gegebenenfalls zusätzliche gesetzliche und normative Anforderungen, einschließlich solcher in relevanten sektoralen Programmen, um die nachfolgend aufgeführten Konformitätsbewertungstätigkeiten durchzuführen.

Die Anforderungen an das Managementsystem in der DIN EN ISO/IEC 17025 sind in einer für Prüflaboratorien relevanten Sprache verfasst und stehen insgesamt in Übereinstimmung mit den Prinzipien der DIN EN ISO 9001.

**Bestimmung von Windpotenzial und Energieerträgen von Windenergieanlagen (WEA) einschließlich Prüfung windklimatologischer Eingangsdaten; Bestimmung des Referenzertrages; Bestimmung der Standortgüte; Durchführung und Auswertung von Windmessungen zur Bestimmung des Windpotenzials; Verifizierung von Fernmessgeräten (Lidar und Sodar), Erstellung von Schallimmissionsprognosen für Windenergieanlagen; Erstellung von Schattenwurfprognosen für Windenergieanlagen; Erstellung von Gutachten zur natürlichen Umgebungsturbulenz von Windenergieanlagenstandorten auf der Grundlage der Berechnung von Turbulenzintensitäten**

Innerhalb der mit \* gekennzeichneten Prüfverfahren ist dem Prüflaboratorium, ohne dass es einer vorherigen Information und Zustimmung der DAkkS bedarf, die Anwendung der hier aufgeführten genormten oder ihnen gleichzusetzenden Prüfverfahren mit unterschiedlichen Ausgabeständen gestattet.

Das Prüflaboratorium verfügt über eine aktuelle Liste aller Prüfverfahren im flexiblen Akkreditierungsbereich.

*Diese Urkundenanlage gilt nur zusammen mit der schriftlich erteilten Urkunde und gibt den Stand zum Zeitpunkt des Ausstellungsdatums wieder. Der jeweils aktuelle Stand der gültigen und überwachten Akkreditierung ist der Datenbank akkreditierter Stellen der Deutschen Akkreditierungsstelle zu entnehmen ([www.dakks.de](http://www.dakks.de))*

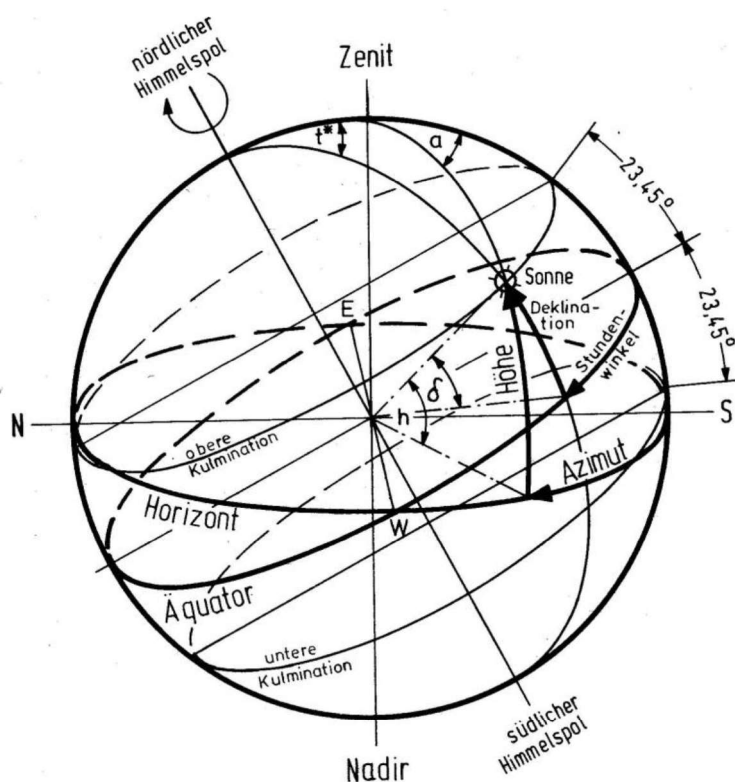
Verwendete Abkürzungen: siehe letzte Seite

Seite 1 von 3

# Theoretische Grundlagen

## 1 Sonnenstand

Der Sonnenstand bildet die Grundlage für die Berechnung des Schattenwurfs. Der Stand der Sonne am Firmament ist im Wesentlichen von der geographischen Position sowie von der Tages- und der Jahreszeit abhängig, wobei die Erdrotation, die Neigung der Erdachse und der elliptischen Laufbahn der Erde um die Sonne berücksichtigt werden.



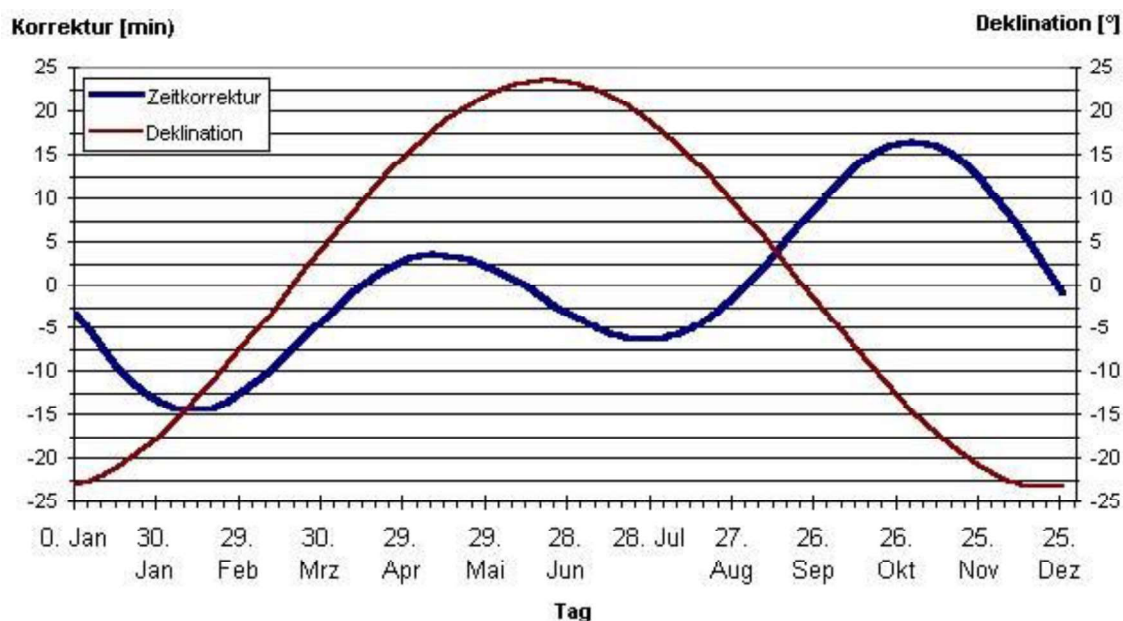
**Abbildung 1: Winkelzusammenhänge des Sonnenstands an einem Betrachtungspunkt**

Mit diesen Daten werden die Deklination  $\delta$ , der Stundenwinkel  $\omega$ , die Sonnehöhe  $h$ , der Azimut  $\gamma$  sowie der Sonnenauf- und -untergang  $t_a$  und  $t_u$  berechnet. Die Begriffe bedeuten:

- **Deklination  $\delta$ :** Jahrgang der Sonne. Winkel, in welchem sich die Sonne im Verlauf der Jahreszeiten über den Zenit am Äquator in südlicher und nördlicher Richtung hinausbewegt. [Winteranfang (21.12.)  $-23,45^\circ$ ; Sommeranfang (21.6.)  $23,45^\circ$ ; Herbst- (23.9.) und Frühlingsanfang (21.3.)  $0^\circ$ ]
- **Sonnehöhe  $h$ :** Einfallswinkel der Sonne gegenüber einer horizontalen Fläche.

- **Stundenwinkel  $\omega$ :** Winkel zwischen dem Sonnenhöchststand und der aktuellen Sonneneinstrahlung.
- **Azimut  $\gamma$ :** Winkel zwischen der Südrichtung und dem auf die horizontale Ebene projizierten Sonnenstand.
- **Sonnenaufgang  $t_a$ , Sonnenuntergang  $t_u$ :** Aufgang/Untergang in dem Moment, wenn der Sonnenmittelpunkt über der horizontalen Fläche morgens/abends am Horizont sichtbar/verdeckt wird.

Die Berechnungen berücksichtigen die sich verändernde Tageslänge von einem zum nächsten Sonnenhöchststand, die aufgrund der elliptischen Umlaufbahn der Erde um die Sonne um bis zu 16 Minuten variiert. In Abbildung 2 ist die Abweichung (Zeitkorrektur) der Tagesdauer von einem 24-Stunden Tag sowie die Deklination über ein Jahr dargestellt.



**Abbildung 2: Zeitkorrektur und Deklination über ein Jahr**

Da die Ergebnisse nicht nur für ein Jahr gültig sein sollen, wird in den Berechnungen die Zahl der Tage pro Jahr auf 365,25 Tage gemittelt. Dadurch können sich die Ergebnisse innerhalb eines Zeitraums von vier Jahren um bis zu einem Tag verschieben.

## 2 Schattenwurf von WEA

### 2.1 Beschattungsbereich

Periodischer Schattenwurf wird durch die sich bewegenden Rotorblätter einer WEA erzeugt. Der Bereich, in dem der periodische Schattenwurf einer WEA untersucht werden muss (*Beschattungsbereich*), ist definiert als der Bereich, von dem aus die Sonnenscheibe mehr als 20 % durch das Rotorblatt verdeckt wird. Wird durch ein Rotorblatt weniger als 20 % der Sonnenscheibe verdeckt, so ist der dadurch entstehende Helligkeitswechsel wenig wahrnehmbar und nicht mehr relevant. Da die Breite eines Rotorblatts nicht über die ganze Länge konstant ist, wird, um den Beschattungsbereich zu berechnen, ersatzweise ein rechteckiges Rotorblatt mit einer mittleren Blattiefe ermittelt und zugrunde gelegt. Abbildung 3 zeigt den Verlauf der Schattenintensität bei einem typischen Rotorblatt von rund 63 m Länge in Abhängigkeit von der Entfernung.

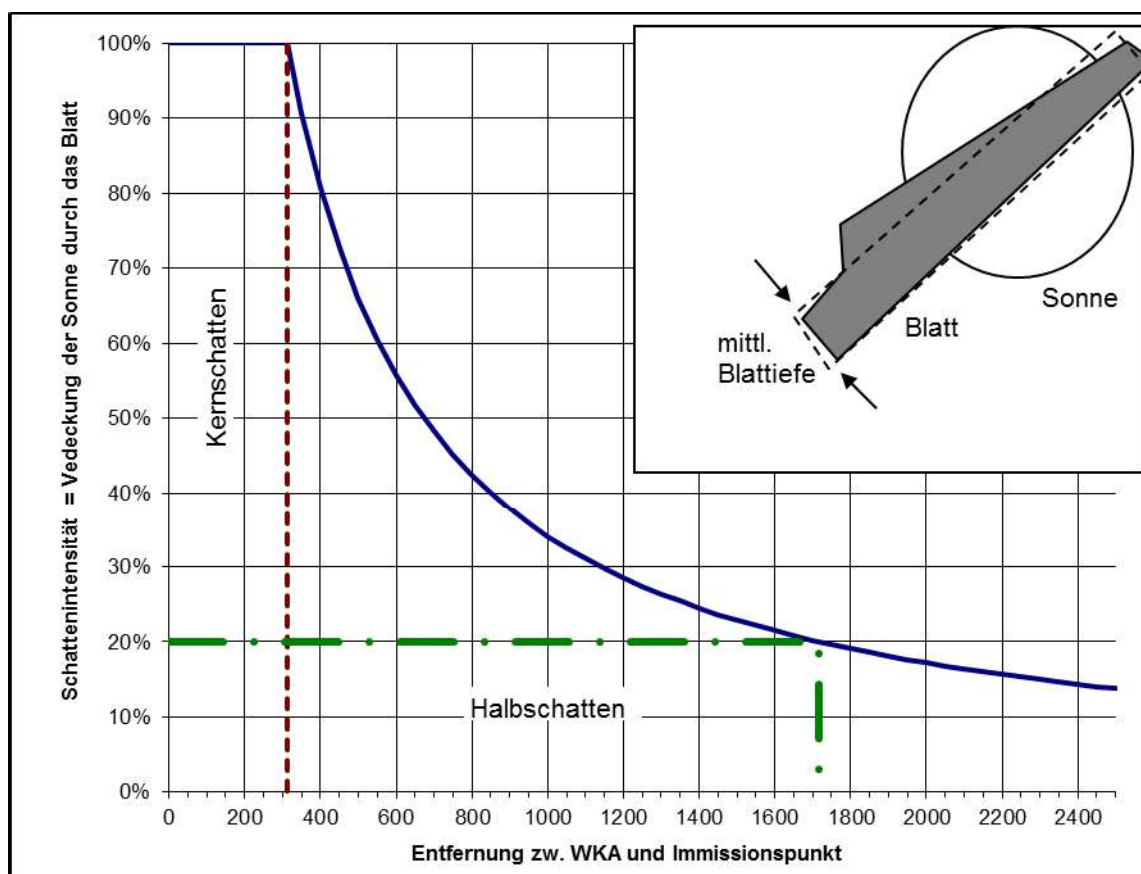
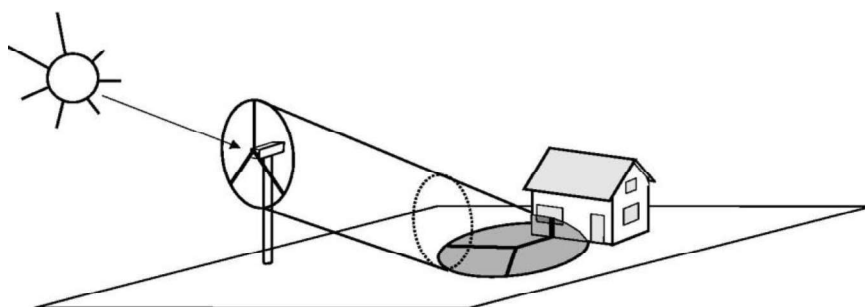


Abbildung 3: Schattenintensität in Abhängigkeit von Rotorblatttiefe und Entfernung

## 2.2 Schattenverlauf und Berechnung der Beschattungsdauern

Der Verlauf des periodischen Schattenwurfs wird über den Sonnenstand, den Standort bzw. die Standorte der WEA und die Lage der maßgeblichen Immissionsorte ermittelt. Dazu sind die folgenden Daten notwendig:

- die Positionen der WEA und der Immissionsorte (Koordinaten, Höhe über N.N., Genauigkeit +/- 5 m)
- Ausmaße der WEA (Nabenhöhe, Rotorradius und Rotorblatttiefe)

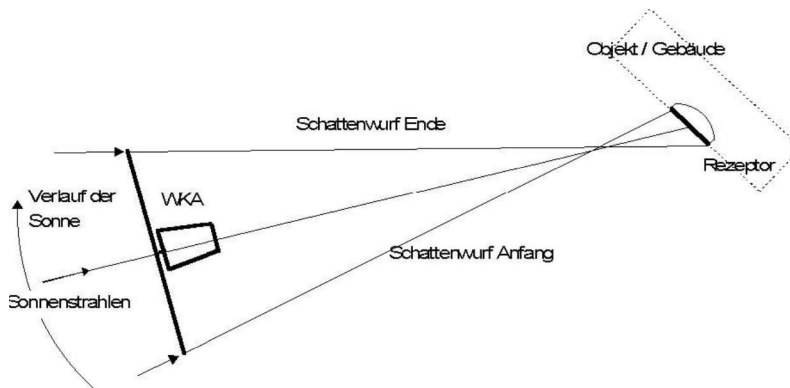


**Abbildung 4: Schattenwurf des Rotors**

Zur Ermittlung des Schattenwurfs an einem Immissionsort wird dort ein virtueller Schattenrezeptor mit den Ausmaßen der zu untersuchenden Fläche platziert. Bei der Simulation des Sonnenstands über ein Jahr registriert der virtuelle Rezeptor den Schattenwurf in diesem Zeitraum (Abbildung 5). Die Simulation des Verlaufs der Sonne wird mit der Software windPRO (Modul SHADOW) (1) mit einer minütlichen Auflösung von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang über das ganze Jahr durchgeführt. Unter Berücksichtigung einer minimalen Sonnenhöhe, der Koordinaten, der Lage und der Größe des Rezeptors sowie der WEA-Daten, wird so über die Simulation ermittelt, ob am Rezeptor ein Schattenwurf durch eine oder mehrere Windenergieanlagen auftritt. Tritt ein Schlagschatten auf, werden für diesen das Datum, der Beginn, das Ende und die Dauer sowie die verursachende WEA des Schattens angegeben (siehe die Kalender zu jedem Schattenrezeptor). Daraus werden wiederum über ein ganzes Jahr die Anzahl der Schattentage und die gesamte Schattenwurfdauer berechnet.

Der Schattenwurf für Sonnenstände unter  $3^\circ$  Erhöhung über Horizont kann wegen Bewuchs, Bebauung und der zu durchdringenden Atmosphärenschichten in ebenem Gelände vernachlässigt werden. Ob hier auch ein höherer Wert angesetzt werden kann, hängt von der Orographie, der Bebauung und dem Bewuchs um den WEA-Standort ab und muss im Einzelnen evtl. dann genauer untersucht werden, wenn davon auszugehen ist, dass durch die Gegebenheiten vor Ort

eine wesentliche Reduktion der Beeinträchtigung zu erwarten ist.



**Abbildung 5: Schattenbeziehung WEA – Gebäude (Draufsicht)**

## 2.3 Richtlinien

Die Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) (2) hat die federführend vom staatlichen Umweltamt Schleswig unter Mitarbeit von Fachleuten (3) (4) (5) (6), Gutachtern (u.a. auch der Ramboll Deutschland GmbH), Gewerbeaufsichtsämtern und Weiteren erarbeiteten Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WKA-Schattenwurfhinweise) im Jahr 2002 als Standard anerkannt. Die WKA-Schattenwurfhinweise enthalten folgende Anhaltswerte:

- Die Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer (worst case) an einem Immissionsort darf maximal 30 Stunden im Jahr und maximal 30 Minuten am Tag betragen.
- Ein Schattenwurf bei einem Sonnenstand unter  $3^\circ$  ist nicht zu berücksichtigen.
- Der Beschattungsbereich ist der Bereich, in dem die Sonnenscheibe zu mehr als 20 % durch das Rotorblatt verdeckt ist.
- Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen, wird die Berechnung des Schattenwurfs für einen punktförmigen Rezeptor (in der Simulation: 0,1 x 0,1 m) in 2 m Höhe am Immissionsort empfohlen.
- Darüber hinaus sollen zusätzlich die realen (bzw. meteorologisch statistisch auftretenden) Schattenwurfzeiten (unter Berücksichtigung von Sonnenscheinwahrscheinlichkeit, Windrichtungsverteilung und Stillstandszeiten), bezogen auf ein Fenster von üblichen Ausmaßen, angegeben werden; überschreiten diese einen Immissionsrichtwert von 8 Stunden, so ist der darüber hinausgehende Schattenwurf zu unterbinden.



## 2.4 Wahrscheinlichkeitsbetrachtung

Um aus der astronomisch maximal möglichen Beschattungsdauer (Worstcase) die meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer zu ermitteln, fließen statistische Daten zur Sonnenscheinwahrscheinlichkeit, zu den Betriebsstunden der WEA und zur Windrichtung in die Berechnung ein. Diese Einflussfaktoren werden in den folgenden Abschnitten erläutert. Aufgrund der Sensibilität der Berechnung von den meteorologischen Eingangsgrößen sind diese mit Unsicherheiten von 5-15 % behaftet.

### 2.4.1 Sonnenscheinwahrscheinlichkeit

Den Berechnungen der astronomisch maximal möglichen Beschattungsdauer (worst case) wurde die Annahme kontinuierlichen Sonnenscheins zugrunde gelegt. Um dagegen die meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer zu bestimmen, muss die Sonnenscheinwahrscheinlichkeit mitberücksichtigt werden, die in der Praxis gleichzusetzen ist mit der Wahrscheinlichkeit der Existenz eines Schattenwurfs. Die Sonnenscheinwahrscheinlichkeit ist von Region zu Region unterschiedlich und wird über die Sonneneinstrahlung an Wetterstationen gemessen. Die dazu erhältlichen Daten basieren auf mehrjährigen Messungen. Angegeben wird üblicherweise die mittlere tägliche Sonnenscheindauer in Stunden, jeweils bezogen auf die einzelnen Monate. Teilt man diese Sonnenscheindauer durch die mittlere Zeitdauer von Sonnenaufgang bis -untergang im gleichen Monat, erhält man die Sonnenscheinwahrscheinlichkeit im jeweiligen Monat. Dieser Wert liegt im Dezember zwischen 10 % (Kassel) und 22 % (Freiburg) und im Juli/August zwischen 40 % (Düsseldorf) und 52 % (Freiburg) (7).

### 2.4.2 Reduktion der Schattenwurfdauer durch den Azimutwinkel

Bei der Berechnung der astronomisch maximal möglichen Beschattungsdauer (worst case) wird ebenfalls vom ungünstigsten Fall ausgegangen, dass die Windrichtung mit der Richtung der Sonnenstrahlen (Azimutwinkel) identisch ist und die Ausrichtung des Rotors damit den größtmöglichen Schatten zur Folge hat. Wird die statistische Windrichtungsverteilung berücksichtigt, so verkürzt sich die Dauer des Schattenwurfs pro Tag, da eine Abweichung zwischen der Windrichtung und dem Sonnenazimut einen schmaleren, ellipsenförmigen Schattenwurf verursacht (vgl. Abbildung 4).

Als Basis dient hier die Windrichtungsverteilung in 12 Sektoren, die einem Windgutachten oder

einer in der Nähe gemessenen Windstatistik aus einer meteorologischen Station entnommen werden kann. Entsprechend der sektoriellen Windrichtungsverteilung wird die relevante Schattenwurfrihtungsbeziehung (WEA - Immissionspunkt) einem Windrichtungssektor zugeordnet. Gegenüberliegende Sektoren (Luv oder Lee von der Sonne angestrahlt) werden dabei in gleicher Weise berücksichtigt. Durch die Schrägstellung der Rotorebene verkleinern sich der Schattenwurfkegel und somit auch die Zeitpunkte des Schattenanfangs und des Schattenedes, also die Dauer des Schattenwurfs auf den Immissionspunkt.

### **2.4.3 Schattenwurf nur bei Betrieb der Anlage**

Weiterhin ist die WEA nicht ständig in Betrieb, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit eines Schattenwurfs durch den sich drehenden Rotor zusätzlich reduziert. Erst wenn die Windgeschwindigkeit einen Wert über der Anlaufwindgeschwindigkeit erreicht, beginnt sich die WEA zu drehen. Die Stillstandshäufigkeit kann mit Hilfe der Windgeschwindigkeits-Häufigkeitsverteilung am Standort (zum Beispiel als Weibull-Funktion auf Nabenhöhe aus einem Windgutachten) und der Anlaufwindgeschwindigkeit der WEA ermittelt werden. Die "In-Betrieb"-Häufigkeit bezeichnet so das Verhältnis von Betriebsstunden der Anlage und der Stundenzahl eines Jahres (8.760 h).

### 3 Literaturverzeichnis – theoretische Grundlagen

1. **EMD.** *Software WindPRO, Modul SHADOW, jeweils aktuellste Version.* 9220 Aalborg (DK) : EMD International A/S, 2019.
2. **LAI.** *Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WKA-Schattenwurfhinweise, Aktualisierung 2019).* s.l. : Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI), 23.01.2020.
3. **H. D. Freund.** *Die Reichweite des Schattenwurfs von Windkraftanlagen.* s.l. : Umweltforschungsbank UFORDAT, Juni 1999.
4. —. *Effektive Einwirkzeit  $T_w$  des Schattenwurfs bei  $T_{max} = 30$  h/Jahr.* Kiel : Institut für Physik und Allgemeine Elektrotechnik, Fachhochschule Kiel, 24.01.2001.
5. **J. Pohl, F. Faul, R. Mausfeld.** *Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen, Feldstudie.* Kiel : Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 31.07.1999.
6. —. *Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen, Laborpilotstudie.* Kiel : Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität, 15.05.2000.
7. **Kommission der Europäischen Gemeinschaften.** *Atlas über die Sonnenstrahlung in Europa.* Dortmund : W-Grösschen Verlag, 1979.