

Schattenwurfprognose für
zwei Windenergieanlagen
am Standort
Öhringen 2x N133
(Baden-Württemberg)

Datum: 24.05.2022

Bericht Nr. 16-1-3045-007-SRM

Auftraggeber:

ABO Wind AG

Unter den Eichen 7 | 65195 Wiesbaden

Auftragsnummer: 352003303

Bearbeiter:

Ramboll Deutschland GmbH

Robbin Meisel M.Sc.

Elisabeth-Consbruch-Straße 3

DE-34131 Kassel

Tel 0561 / 288 573-0

Die vorliegende Schattenwurfprognose für den Standort Öhringen 2x N133 (Baden-Württemberg) wurde der Ramboll Deutschland GmbH im Mai 2022 von der ABO Wind AG 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
Original	007	24.05.2022	R. Meisel	Planung von 2x Nordex N133/4.8

Kassel, 24.05.2022



Robbin Meisel M.Sc.
(Bearbeiter)



Dipl.-Ing. (FH) Timo Mertens
(Prüfer)

Inhalt:

1	Zusammenfassung	4
2	Standort- und WEA-Daten	5
	2.1 Aufgabenstellung	5
	2.2 Immissionsorte	6
	2.3 Immissionsrichtwerte	8
	2.4 Windenergieanlagen	9
3	Schattenwurfberechnungen	10
	3.1 Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer	10
	3.2 Meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer	11
4	Bewertung der Ergebnisse	12
	4.1 Beurteilung der Berechnungen	12
	4.2 Hinweise zur Abschaltautomatik	12
	4.3 Genauigkeit der Prognose	13
5	Quellenverzeichnis	14
6	Anhang	15

1 Zusammenfassung

Am Windparkstandort Öhringen 2x N133 wurden für sechs Immissionsorte (IO) die Beschattungsdauern durch zwei neu geplante Windenergieanlagen (WEA) des Typs Nordex N133/4.8 mit 164 m Nabenhöhe sowie fünf 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 drei Immissionsorten überschritten (siehe Kapitel 3). Die WKA-Schattenwurfhinweise [1] 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 die WEA 05.

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 Öhringen 2x N133 südwestlich von Waldenburg zwei Windenergieanlagen (WEA) des Typs Nordex N133/4.8 mit 164 m Nabenhöhe zu errichten (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Kenndaten der geplanten WEA

WEA	WEA Hersteller / Typ	Nabenhöhe	Ost	Nord
		[m]	[UTM 32 ETRS89]	
05	Nordex N133/4.8	164	544.497	5.446.692
09	Nordex N133/4.8	164	544.170	5.445.630

Am Standort sind weitere fünf WEA genehmigt und werden derzeit umgeplant. Diese werden als Vorbelastungen untersucht und werden im folgenden Text als „Vorbelastung“ oder „VB“ bezeichnet. Östlich und südlich des Standorts befinden sich weitere drei WEA in einem fortgeschrittenen Planungsstadium. Es existiert kein gemeinsamer Beschattungsbereich (siehe Berechnung im Anhang), weshalb diese in den Berechnungen keine Berücksichtigung finden.

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 13.04.2016 und 26.10.2016 erhobenen Daten über relevante Immissionsorte und deren Umgebung. Das Höhenrelief wurde dem DGM200 entnommen. Die Berechnung wurde mit der Software windPRO, Modul SHADOW [3] durchgeführt. Grundlagen zur Berechnung finden sich im Anhang.

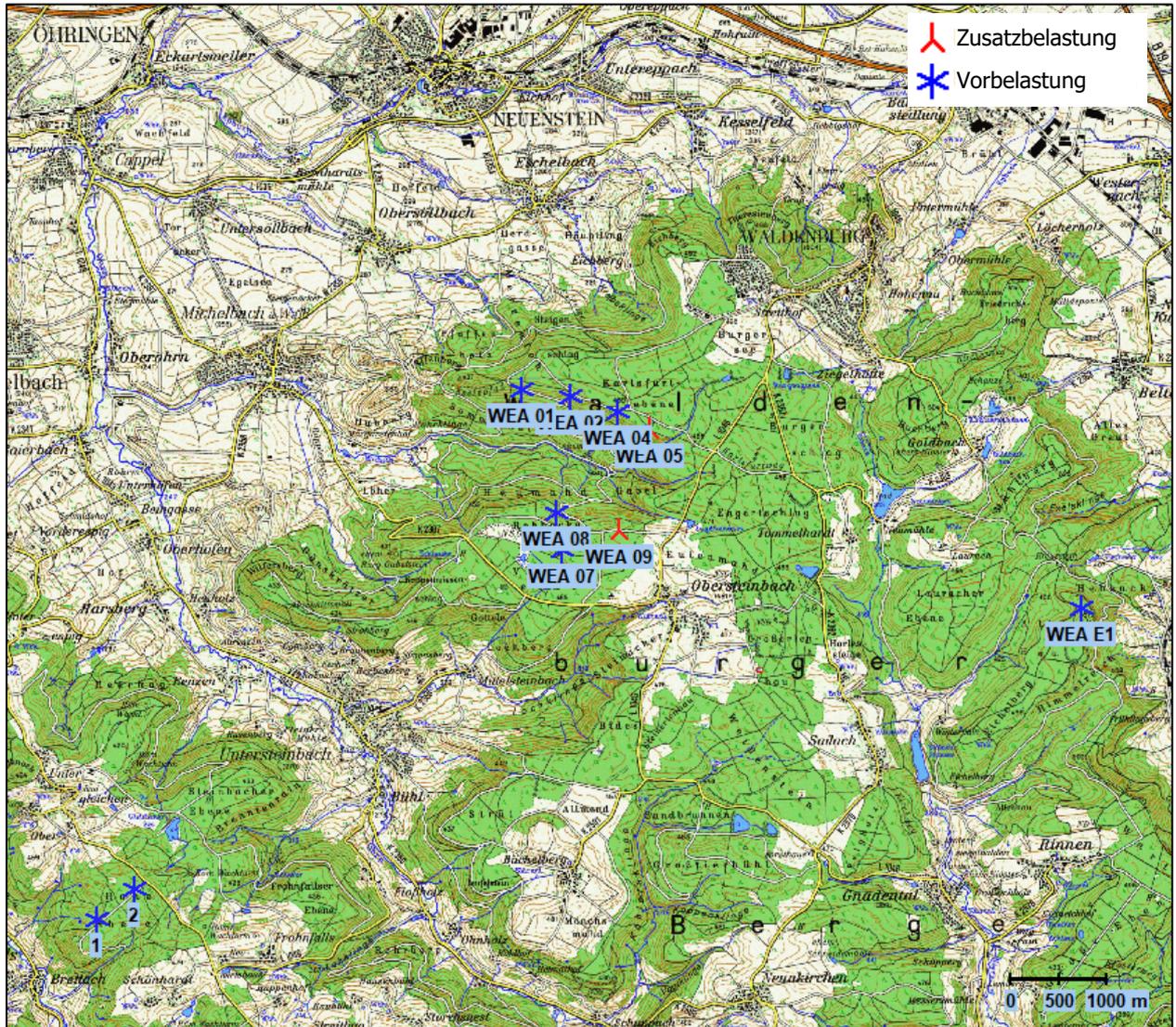


Abbildung 1: Übersichtskarte (© TK50 [4])

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 sind auf der Karte in Abbildung 2 als rote Linie dargestellt.

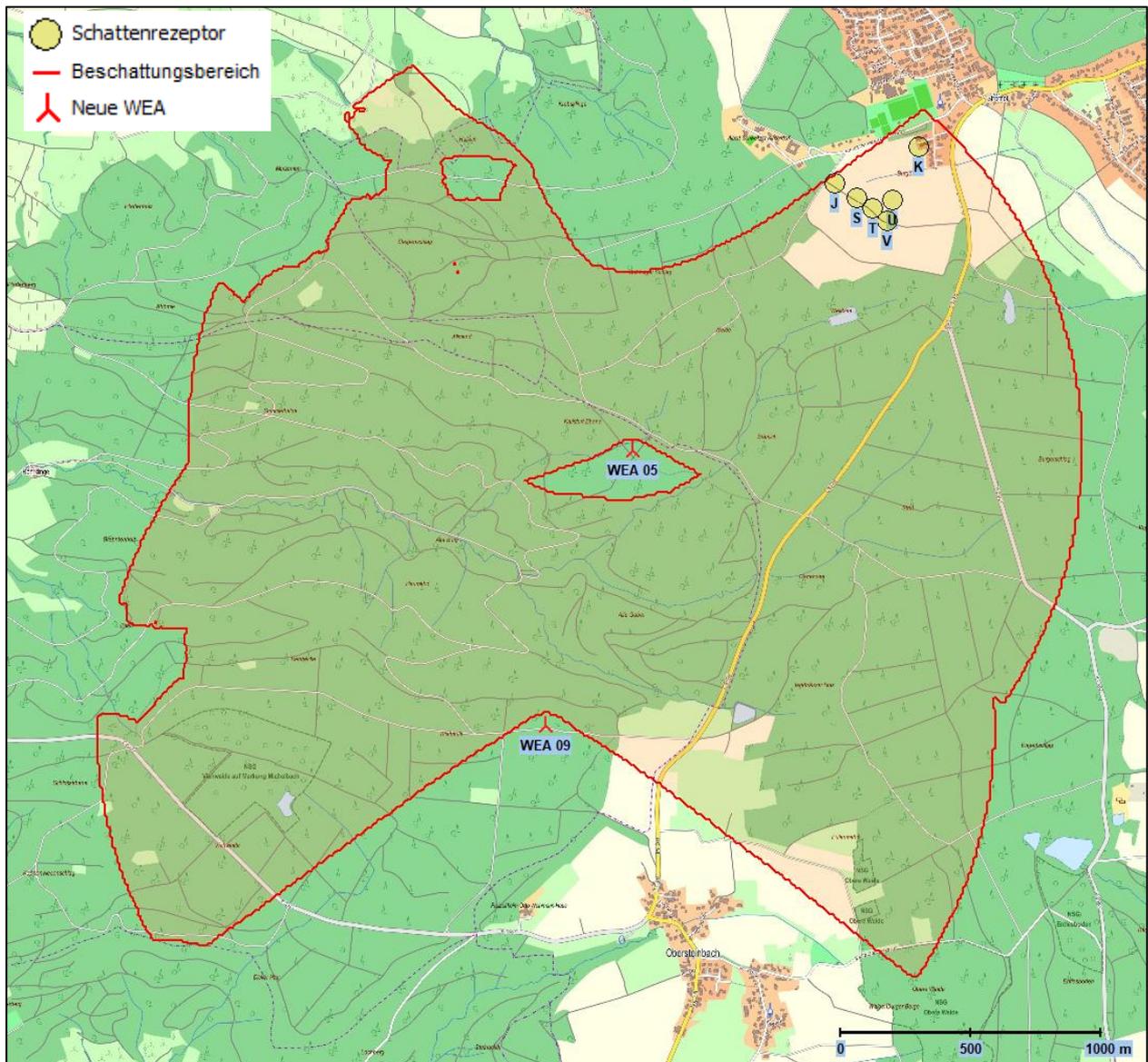


Abbildung 2: Beschattungsbereich der Zusatzbelastung (© Geoglis [6])

Nach diesen Kriterien wurden ausgewählte Häuser sowie bebaubare Freiflächen als relevante Immissionsorte gewählt. Bei der Standortbesichtigung am 13.04.2016 und 26.10.2016 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/bei Öhringen (© Geoglis [6])

2.3 Immissionsrichtwerte

Für die Beurteilung der Erheblichkeit der Belästigung durch Schattenwurf [7] [8] 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 der Richtwerte 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 Öhringen 2x N133 die Errichtung von zwei Windenergieanlagen. Es gibt keinen gemeinsamen Beschattungsbereich mit der Vorbelastung (siehe Berechnung im Anhang), weshalb diese in den Berechnungen keine Berücksichtigung finden. Die wesentlichen Kenndaten der neu geplanten WEA-Typen sind Tabelle 2 zu entnehmen. Der Beschattungsbereich wurde nach dem 20%-Kriterium [2] [9] aus den Rotorblattdaten und der Nabenhöhe ermittelt.

Tabelle 2: Kenndaten Zusatz- und relevante Vorbelastungs-WEA

WEA-Nr.	WEA Typ	NH	RD	max. BT	min. BT	Ø BT	BB
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
WEA 01	N133/4.8	164,0	133,0	3,94	1,13	2,54	1.719
WEA 02	N133/4.8	164,0	133,0	3,94	1,13	2,54	1.719
WEA 04	N133/4.8	164,0	133,0	3,94	1,13	2,54	1.719
WEA 05	N133/4.8	164,0	133,0	3,94	1,13	2,54	1.719
WEA 07	N133/4.8	164,0	133,0	3,94	1,13	2,54	1.719
WEA 08	N133/4.8	164,0	133,0	3,94	1,13	2,54	1.719
WEA 09	N133/4.8	164,0	133,0	3,94	1,13	2,54	1.719

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

3 Schattenwurfberechnungen

3.1 Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer

Für die geplanten 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 relevanten WEA

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
J	Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	12:51	4:27	17:18	0:23	0:15	0:23
K	Waldenburg, Am Eichenhain 5	0:00	12:14	12:14	0:00	0:20	0:20
S	Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	10:23	17:58	28:21	0:22	0:26	0:26
T	Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	9:10	24:00	33:10	0:22	0:25	0:25
U	Waldenburg, Burgersee 3. Baureihe (geplant)	8:06	22:49	30:55	0:21	0:24	0:24
V	Waldenburg, Burgersee gepl. Erweiterung	8:18	23:25	31:43	0:21	0:25	0:25

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], [10]) steuerungstechnisch umgesetzt wird. Sie berücksichtigt statistische Daten zu

- Sonnenscheinwahrscheinlichkeit (mittlere tägliche Sonnenscheinstunden) pro Monat, nach Angaben der Sonnenschein-Datenbank für die Station Stuttgart,
- Betriebsstunden bzw. Stillstandszeiten der WEA je Richtungssektor, ermittelt aus der Windstatistik des nächstliegenden ConWX Datenpunktes und der Anlaufgeschwindigkeit der WEA,
- Variable Schattengröße des Rotors, ermittelt aus der Windrichtungsverteilung der Windstatistik der DWD-Station ConWX Datenpunktes 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
J	Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	2:29	0:39	3:09
K	Waldenburg, Am Eichenhain 5	0:00	1:54	1:54
S	Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	2:09	2:50	4:59
T	Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	1:59	3:57	5:56
U	Waldenburg, Burgersee 3. Baureihe (geplant)	1:46	3:47	5:32
V	Waldenburg, Burgersee gepl. Erweiterung	1:50	4:04	5:53

4 Bewertung der Ergebnisse

4.1 Beurteilung der Berechnungen

Am Windparkstandort Öhringen 2x N133 wurden für sechs Immissionsorte die Beschattungsdauern durch zwei neu geplante WEA entsprechend den WKA-Schattenwurfhinweisen [2] berechnet. Die Immissionsrichtwerte der Beschattungsdauern betragen maximal 30 Stunden im Jahr und maximal 30 Minuten am Tag.

IO J, K, S: An diesen Immissionsorten werden alle Richtwerte eingehalten.

IO T, U, V: An diesen Immissionsorten werden die Richtwerte ohne schattenwurfbegrenzende Maßnahmen durch den Einfluss der Zusatzbelastung überschritten. Die Überschreitung beträgt maximal 3,2 Std./Jahr.

Aufgrund der berechneten Überschreitungen empfehlen wir die Abschaltung der neu geplanten WEA 05 über eine Abschaltautomatik zu steuern (siehe tabellarische und grafische Schattenwurfkalender im Anhang).

Hinweis: Die Immissionsorte T, U und V, an denen Überschreitungen auftreten können, befinden sich im bisher nicht bebauten Bereich des Bebauungsplan Burgersee. So lange diese Flächen nicht bebaut sind kann aufgrund fehlender schutzwürdiger Räume von einer Abschaltung der WEA 05 abgesehen werden.

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, Balkone 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

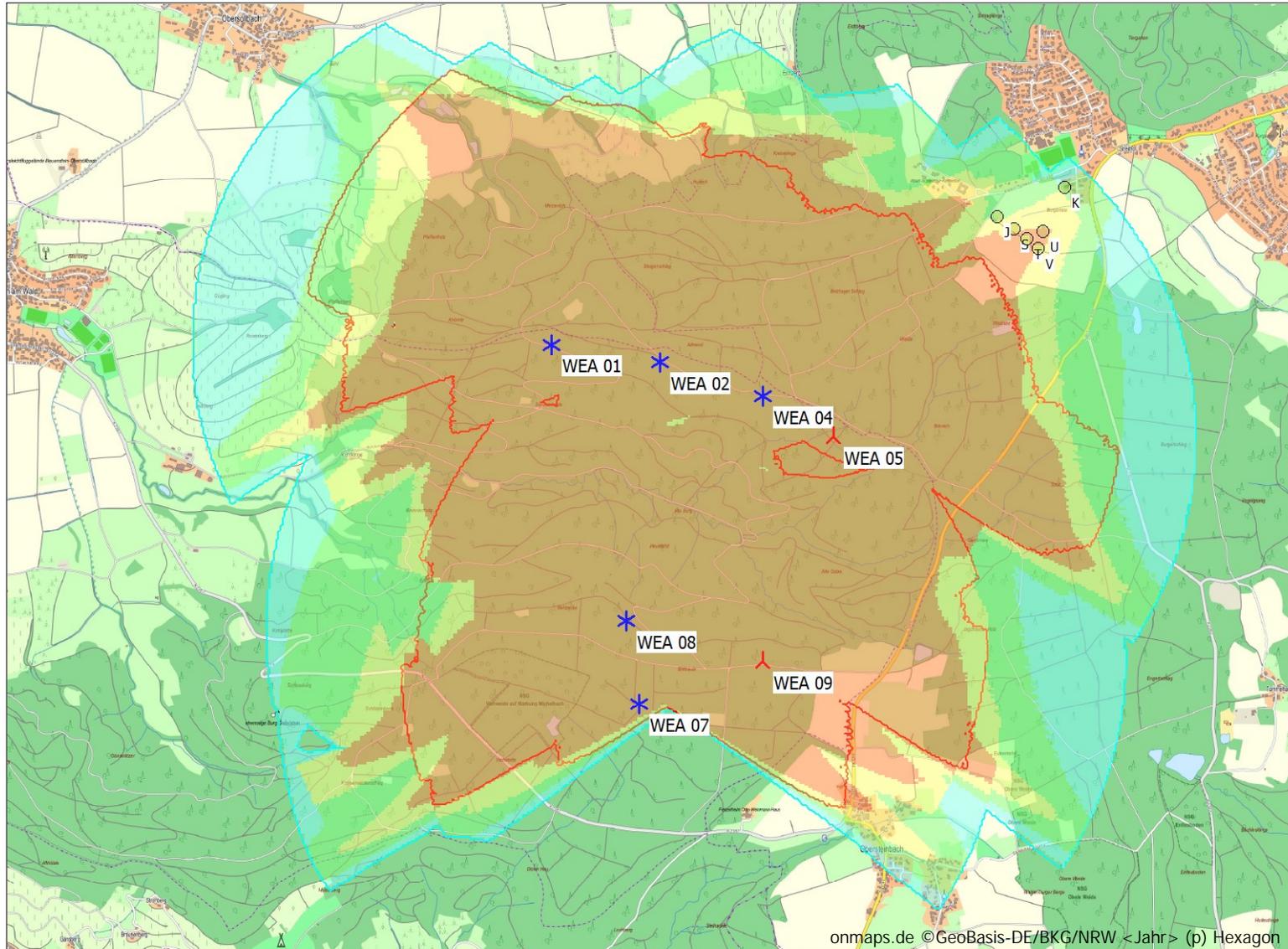
Den Berechnungen nach den Vorgaben der WKA-Schattenwurfhinweise [2] wird ein Worst-Case-Szenario zugrunde gelegt. In diesem Sinne werden die astronomisch maximal mögliche Beschattung zur Beurteilung herangezogen sowie keine lichtundurchlässigen Hindernisse, die den periodischen Schattenwurf von WEA begrenzen, berücksichtigt. Als Basis für die Bestimmung der Position der Immissionsorte dient Kartenmaterial, das auf den Gebäudeumringen des amtlichen Liegenschaftskataster Deutschland (ALKIS) basiert [6]. Das zugrunde gelegte Höhenmodell entspricht den Höhenlinien des DGM200. 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 [11].

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] MagicMaps, Tour Explorer DE 8 - amtliche topografische Karten im Maßstab 1:50.000 - Export, MTS Maschinentechnik Schrode AG | Gerhard-Kindler-Straße 8 | 72770 Reutlingen: Quelle der Karten: amtliche Vermessungsämter, 12.06.2018.
- [5] SUA, Ergebnisprotokoll des 3. Fachgesprächs vom 19.11.1999 über Umwelteinwirkungen von Windenergieanlagen, Schleswig: Staatliches Umweltamt Schleswig, 1999.
- [6] geoGLIS_oHG, *onmaps GEOBasis-DE / BKG / NRW*, aktuelle Version.
- [7] F. J.Pohl, Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen, Feldstudie, Kiel: Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 31.07.1999 .
- [8] F. J.Pohl, Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen, Laborpilotstudie, Kiel: Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität, 15.05.2000 .
- [9] Freund, Die Reichweite des Schattenwurfs von Windkraftanlagen, H. D. Freund, Umweltforschungsbank UFORDAT, Juni 1999.
- [10] Freund, Effektive Einwirkzeit T_w des Schattenwurfs bei $T_{max} = 30$ h/Jahr, Kiel: H. D. Freund, Institut für Physik und Allgemeine Elektrotechnik, Fachhochschule Kiel, 24.01.2001.
- [11] Ramboll, Interne Analyse zur Sensitivität der Berechnungsergebnisse bezüglich der Genauigkeit der Positionsdaten, 2021-11.

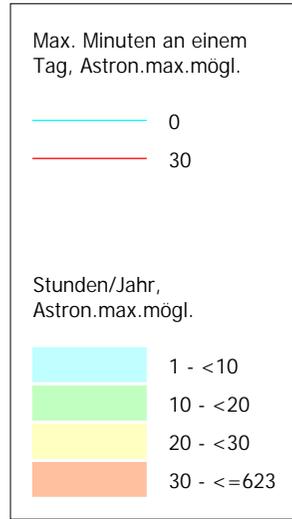
6 Anhang

- Schattenkarten für den Windparkstandort Öhringen 2x N133 (Gesamtbelastung)
 - Stunden pro Jahr (maximal)
 - Minuten pro Tag (maximal)
 - Vorbelastung:
 - Hauptergebnis
 - Zusatzbelastung:
 - Hauptergebnis
 - Gesamtbelastung:
 - Hauptergebnis
 - tabellarische Kalender
 - grafische Kalender
 - Vorbelastung irrelevant
 - Hauptergebnis
 - Karte
- Akkreditierung
- Theoretische Grundlagen



Projekt:
16-1-3045
ABO Wind AG

Unter den Eichen 7
65195 Wiesbaden
Beschreibung:
Windpark Öhringen-Karlsfurtebene, im
Hohenlohekreis, Baden-Württemberg



SHADOW -
Karte
Berechnung:
Gesamtbelastung 7x N133

Neue WEA
 Existierende WEA
 Schattenrezeptor
 Karte: ONMAPS , Maßstab 1:30.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 543.618 Nord: 5.446.469
 Höhe der Schattenkarte: Höhenlinien: DGM-200.wpo (4)
 Zeitschritt: 2 Minuten, Schrittweite: 3 Tag(e), Kartenaufösung: 10 m, Sichtbarkeit Auflösung: 5 m, Augenhöhe: 1,5 m

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

Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com
Berechnet:
16.05.2022 14:17/3.5.576

Projekt:
16-1-3045
ABO Wind AG

Beschreibung:
Windpark Öhringen-Karlsfurtebene, im Hohenlohekreis,
Baden-Württemberg

Lizenzierter Anwender:
Ramboll Deutschland GmbH
Elisabeth-Consbruch-Straße 3
DE-34131 Kassel
-
Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com
Berechnet:
16.05.2022 14:29/3.5.576

Unter den Eichen 7
65195 Wiesbaden

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Vorbelastung 5x N133
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) [STUTTGART]
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez
2,14 3,19 3,89 5,32 6,63 6,58 7,54 7,31 5,36 3,24 2,58 1,79

Betriebsstunden ermittelt aus WEA in Berechnung und Windverteilung:
CFSR2_E09.614_N49.165 (7)

Betriebsdauer je Sektor
N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe
263 401 712 720 749 527 556 814 1.485 1.355 600 298 8.481
Startwindgeschwindigkeit: Startwindgeschw. aus Leistungskennlinie

Eine WEA wird nicht berücksichtigt, wenn sie von keinem Teil der Rezeptorfläche aus sichtbar ist. Die Sichtbarkeitsberechnung basiert auf den folgenden Annahmen:
Verwendete Höhenlinien: Höhenlinien: DGM-200.wpo (4)
Hindernisse in Berechnung nicht verwendet
Rasterauflösung: 10,0 m

Alle Koordinatenangaben in:
UTM (north)-ETRS89 Zone: 32



Maßstab 1:40.000
* Existierende WEA ● Schattenrezeptor

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]				[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]	
WEA 01	543.151	5.447.116	447,6	NORDEX N133/4.8 4800 13...	Ja	NORDEX	N133/4.8-4.800	4.800	133,0	164,0	1.719	12,6
WEA 02	543.668	5.447.036	457,5	NORDEX N133/4.8 4800 13...	Ja	NORDEX	N133/4.8-4.800	4.800	133,0	164,0	1.719	12,6
WEA 04	544.158	5.446.879	472,9	NORDEX N133/4.8 4800 13...	Ja	NORDEX	N133/4.8-4.800	4.800	133,0	164,0	1.719	12,6
WEA 07	543.582	5.445.421	465,0	NORDEX N133/4.8 4800 13...	Ja	NORDEX	N133/4.8-4.800	4.800	133,0	164,0	1.719	12,6
WEA 08	543.517	5.445.813	447,8	NORDEX N133/4.8 4800 13...	Ja	NORDEX	N133/4.8-4.800	4.800	133,0	164,0	1.719	12,6

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
	J Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	545.267	5.447.728	495,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
	K Waldenburg, Am Eichenhain 5	545.588	5.447.870	491,9	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
	S Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	545.350	5.447.672	495,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
	T Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	545.411	5.447.629	495,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
	U Waldenburg, Burgersee 3. Baureihe (geplant)	545.486	5.447.664	495,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
	V Waldenburg, Burgersee gepl. Erweiterung	545.467	5.447.582	495,0	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]	
	J Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	12:51	42	0:23	2:29	
	K Waldenburg, Am Eichenhain 5	0:00	0	0:00	0:00	
	S Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	10:23	36	0:22	2:09	
	T Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	9:10	33	0:22	1:59	
	U Waldenburg, Burgersee 3. Baureihe (geplant)	8:06	32	0:21	1:46	
	V Waldenburg, Burgersee gepl. Erweiterung	8:18	32	0:21	1:50	

Projekt:
16-1-3045
ABO Wind AG

Beschreibung:
Windpark Öhringen-Karlsfurtebene, im Hohenlohekreis,
Baden-Württemberg

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

Unter den Eichen 7
65195 Wiesbaden

-
Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com
Berechnet:
16.05.2022 14:29/3.5.576

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Vorbelastung 5x N133

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal [h/a]	Erwartet [h/a]
WEA 01	NORDEX N133/4.8 4800 133.0 !O! NH: 164,0 m (Ges:230,5 m) (12)	0:00	0:00
WEA 02	NORDEX N133/4.8 4800 133.0 !O! NH: 164,0 m (Ges:230,5 m) (13)	0:00	0:00
WEA 04	NORDEX N133/4.8 4800 133.0 !O! NH: 164,0 m (Ges:230,5 m) (14)	31:44	6:35
WEA 07	NORDEX N133/4.8 4800 133.0 !O! NH: 164,0 m (Ges:230,5 m) (15)	0:00	0:00
WEA 08	NORDEX N133/4.8 4800 133.0 !O! NH: 164,0 m (Ges:230,5 m) (16)	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.

Projekt:
16-1-3045
ABO Wind AG

Beschreibung:
Windpark Öhringen-Karlsfurtebene, im Hohenlohekreis,
Baden-Württemberg

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

Unter den Eichen 7
65195 Wiesbaden

-
Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com
Berechnet:
16.05.2022 14:29/3.5.576

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Zusatzbelastung 2x N133
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) [STUTT GART]
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez
2,14 3,19 3,89 5,32 6,63 6,58 7,54 7,31 5,36 3,24 2,58 1,79

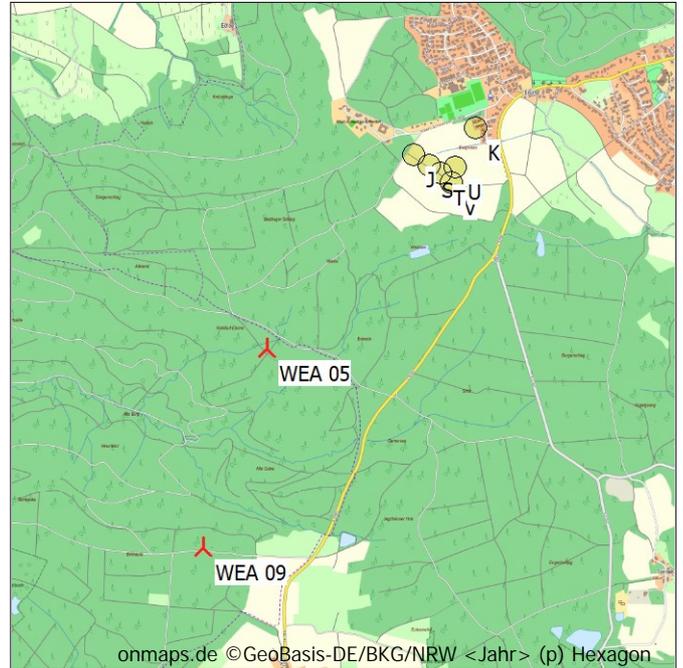
Betriebsstunden ermittelt aus WEA in Berechnung und Windverteilung:
CFSR2_E09.614_N49.165 (7)

Betriebsdauer je Sektor
N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe
263 401 712 720 749 527 556 814 1.485 1.355 600 298 8.481
Startwindgeschwindigkeit: Startwindgeschw. aus Leistungskennlinie

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

Verwendete Höhenlinien: Höhenlinien: DGM-200.wpo (4)
Hindernisse in Berechnung nicht verwendet
Rasterauflösung: 10,0 m

Alle Koordinatenangaben in:
UTM (north)-ETRS89 Zone: 32



Maßstab 1:40.000
Neue WEA Schattenrezeptor

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]
WEA 05	544.497	5.446.692	474,8	NORDEX N133/4.8 4800 13...	Ja	NORDEX	N133/4.8-4.800	4.800	133,0	164,0	1.719	12,6
WEA 09	544.170	5.445.630	463,6	NORDEX N133/4.8 4800 13...	Ja	NORDEX	N133/4.8-4.800	4.800	133,0	164,0	1.719	12,6

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
	J Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	545.267	5.447.728	495,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
	K Waldenburg, Am Eichenhain 5	545.588	5.447.870	491,9	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
	S Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	545.350	5.447.672	495,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
	T Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	545.411	5.447.629	495,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
	U Waldenburg, Burgersee 3. Baureihe (geplant)	545.486	5.447.664	495,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
	V Waldenburg, Burgersee gepl. Erweiterung	545.467	5.447.582	495,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0

Berechnungsergebnisse

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]	
	J Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	4:27	23	0:15	0:39	
	K Waldenburg, Am Eichenhain 5	12:14	44	0:20	1:54	
	S Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	17:58	50	0:26	2:50	
	T Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	24:00	64	0:25	3:57	
	U Waldenburg, Burgersee 3. Baureihe (geplant)	22:49	66	0:24	3:47	
	V Waldenburg, Burgersee gepl. Erweiterung	23:25	78	0:25	4:04	

Projekt:

16-1-3045
ABO Wind AG

Beschreibung:

Windpark Öhringen-Karlsfurtebene, im Hohenlohekreis,
Baden-Württemberg

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH
Elisabeth-Consbruch-Straße 3
DE-34131 Kassel

-

Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com

Berechnet:

16.05.2022 14:29/3.5.576

Unter den Eichen 7
65195 Wiesbaden

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Zusatzbelastung 2x N133

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal [h/a]	Erwartet [h/a]
WEA 05	NORDEX N133/4.8 4800 133.0 !O! NH: 164,0 m (Ges:230,5 m) (110)	51:12	8:33
WEA 09	NORDEX N133/4.8 4800 133.0 !O! NH: 164,0 m (Ges:230,5 m) (111)	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.

Projekt:
16-1-3045
ABO Wind AG

Beschreibung:
Windpark Öhringen-Karlsfurtebene, im Hohenlohekreis,
Baden-Württemberg

Lizenzierter Anwender:
Ramboll Deutschland GmbH
Elisabeth-Consbruch-Straße 3
DE-34131 Kassel
-
Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com
Berechnet:
16.05.2022 14:17/3.5.576

Unter den Eichen 7
65195 Wiesbaden

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Gesamtbelastung 7x N133
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) [STUTTGART]
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez
2,14 3,19 3,89 5,32 6,63 6,58 7,54 7,31 5,36 3,24 2,58 1,79

Betriebsstunden ermittelt aus WEA in Berechnung und Windverteilung:
CFSR2_E09.614_N49.165 (7)

Betriebsdauer je Sektor
N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe
263 401 712 720 749 527 556 814 1.485 1.355 600 298 8.481
Startwindgeschwindigkeit: Startwindgeschw. aus Leistungskennlinie

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

Verwendete Höhenlinien: Höhenlinien: DGM-200.wpo (4)
Hindernisse in Berechnung nicht verwendet
Rasterauflösung: 10,0 m

Alle Koordinatenangaben in:
UTM (north)-ETRS89 Zone: 32



Maßstab 1:40.000
▲ Neue WEA
★ Existierende WEA
● Schattenrezeptor

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Schattendaten				
					Aktuell	Hersteller	Typ	Nennleistung	Rotordurchmesser	Nabenhöhe	Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]
WEA 01	543.151	5.447.116	447,6	NORDEX N133/4.8 4800 13...	Ja	NORDEX	N133/4.8-4.800	4.800	133,0	164,0	1.719	12,6
WEA 02	543.668	5.447.036	457,5	NORDEX N133/4.8 4800 13...	Ja	NORDEX	N133/4.8-4.800	4.800	133,0	164,0	1.719	12,6
WEA 04	544.158	5.446.879	472,9	NORDEX N133/4.8 4800 13...	Ja	NORDEX	N133/4.8-4.800	4.800	133,0	164,0	1.719	12,6
WEA 05	544.497	5.446.692	474,8	NORDEX N133/4.8 4800 13...	Ja	NORDEX	N133/4.8-4.800	4.800	133,0	164,0	1.719	12,6
WEA 07	543.582	5.445.421	465,0	NORDEX N133/4.8 4800 13...	Ja	NORDEX	N133/4.8-4.800	4.800	133,0	164,0	1.719	12,6
WEA 08	543.517	5.445.813	447,8	NORDEX N133/4.8 4800 13...	Ja	NORDEX	N133/4.8-4.800	4.800	133,0	164,0	1.719	12,6
WEA 09	544.170	5.445.630	463,6	NORDEX N133/4.8 4800 13...	Ja	NORDEX	N133/4.8-4.800	4.800	133,0	164,0	1.719	12,6

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
	J Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	545.267	5.447.728	495,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
	K Waldenburg, Am Eichenhain 5	545.588	5.447.870	491,9	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
	S Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	545.350	5.447.672	495,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
	T Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	545.411	5.447.629	495,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
	U Waldenburg, Burgersee 3. Baureihe (geplant)	545.486	5.447.664	495,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
	V Waldenburg, Burgersee gepl. Erweiterung	545.467	5.447.582	495,0	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]	
	J Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	17:18	65	0:23	3:09	
	K Waldenburg, Am Eichenhain 5	12:14	44	0:20	1:54	
	S Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	28:21	86	0:26	4:59	
	T Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	33:10	97	0:25	5:56	

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:
16-1-3045
ABO Wind AG

Beschreibung:
Windpark Öhringen-Karlsfurtebene, im Hohenlohekreis,
Baden-Württemberg

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

Unter den Eichen 7
65195 Wiesbaden

-
Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com
Berechnet:
16.05.2022 14:17/3.5.576

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Gesamtbelastung 7x N133

...(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]
	U Waldenburg, Burgersee 3. Baureihe (geplant)	30:55	98	0:24	5:32
	V Waldenburg, Burgersee gepl. Erweiterung	31:43	110	0:25	5:53

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name				Maximal	Erwartet
					[h/a]	[h/a]
WEA 01	NORDEX N133/4.8 4800 133.0 !O!	NH: 164,0 m (Ges:230,5 m)	(12)		0:00	0:00
WEA 02	NORDEX N133/4.8 4800 133.0 !O!	NH: 164,0 m (Ges:230,5 m)	(13)		0:00	0:00
WEA 04	NORDEX N133/4.8 4800 133.0 !O!	NH: 164,0 m (Ges:230,5 m)	(14)	31:44	6:35	
WEA 05	NORDEX N133/4.8 4800 133.0 !O!	NH: 164,0 m (Ges:230,5 m)	(110)	51:12	8:33	
WEA 07	NORDEX N133/4.8 4800 133.0 !O!	NH: 164,0 m (Ges:230,5 m)	(15)		0:00	0:00
WEA 08	NORDEX N133/4.8 4800 133.0 !O!	NH: 164,0 m (Ges:230,5 m)	(16)		0:00	0:00
WEA 09	NORDEX N133/4.8 4800 133.0 !O!	NH: 164,0 m (Ges:230,5 m)	(111)		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.

Projekt:
16-1-3045
ABO Wind AG

Beschreibung:
Windpark Öhringen-Karlsfurtebene, im Hohenlohekreis,
Baden-Württemberg

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

Unter den Eichen 7
65195 Wiesbaden

-
Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com
Berechnet:
16.05.2022 14:17/3.5.576

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung 7x N133Schattenrezeptor: J - Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)
Annahmen für Schattenwurfberechnung
Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [STUTT GART]
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez
2,14 3,19 3,89 5,32 6,63 6,58 7,54 7,31 5,36 3,24 2,58 1,79

Betriebsdauer je Sektor
N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe
263 401 712 720 749 527 556 814 1.485 1.355 600 298 8.481
Startwindgeschwindigkeit: Startwindgeschw. aus Leistungskennlinie

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember				
1	08:17	15:08 (WEA 05)	07:54	16:12 (WEA 04)	07:06	07:02	06:02	05:22	05:20	05:53	06:37	07:20	07:08			
16:34	6	15:14 (WEA 05)	17:17	20	16:32 (WEA 04)	18:04	19:52	20:37	21:18	21:31	21:03	20:07	19:03	17:02		
2	08:17	15:11 (WEA 05)	07:53	16:13 (WEA 04)	07:04	06:59	06:01	05:22	05:21	05:54	06:38	07:22	07:10	07:56		
16:35	1	15:12 (WEA 05)	17:19	18	16:31 (WEA 04)	18:35	19:33	20:39	21:19	21:30	21:02	20:05	19:01	17:03		
3	08:17	07:52	16:14 (WEA 04)	07:02	06:57	05:59	05:21	05:22	05:56	06:40	07:23	07:11	07:57	07:57		
16:36	17:21	17	16:31 (WEA 04)	18:07	19:55	20:40	21:20	21:30	21:00	20:03	18:59	16:59	16:26	16:26		
4	08:17	07:50	16:16 (WEA 04)	07:00	06:55	05:57	05:20	05:22	05:57	06:41	07:25	07:13	07:58	07:58		
16:37	17:22	13	16:29 (WEA 04)	18:09	19:56	20:41	21:21	21:30	20:59	20:01	18:56	16:58	16:26	16:26		
5	08:17	07:49	16:18 (WEA 04)	06:58	06:53	05:56	05:20	05:23	05:58	06:43	07:26	07:15	07:59	07:59		
16:38	17:24	10	16:28 (WEA 04)	18:10	19:58	20:43	21:22	21:29	20:57	19:58	18:54	16:56	16:25	16:25		
6	08:16	07:47	06:56	06:51	05:54	05:19	05:24	06:00	06:44	07:28	07:16	15:48 (WEA 04)	08:00	08:00		
16:39	17:26	18:12	19:59	20:44	21:22	21:29	20:55	19:56	18:52	16:54	10	15:58 (WEA 04)	16:25	16:25		
7	08:16	07:46	06:54	06:49	05:52	05:19	05:25	06:01	06:45	07:29	07:18	15:45 (WEA 04)	08:02	08:02		
16:40	17:27	18:13	20:01	20:46	21:23	21:29	20:54	19:54	18:50	16:53	14	15:59 (WEA 04)	16:24	16:24		
8	08:16	07:44	06:52	06:47	05:51	05:18	05:25	06:03	06:47	07:31	07:20	15:44 (WEA 04)	08:03	08:03		
16:41	17:29	18:15	20:02	20:47	21:24	21:28	20:52	19:52	18:48	16:51	17	16:01 (WEA 04)	16:24	16:24		
9	08:15	07:43	06:50	06:45	05:49	05:18	05:26	06:04	06:48	07:32	07:21	15:44 (WEA 04)	08:04	08:04		
16:43	17:31	18:16	20:04	20:49	21:25	21:27	20:50	19:50	18:46	16:50	18	16:02 (WEA 04)	16:24	16:24		
10	08:15	07:41	06:48	06:43	05:48	05:17	05:27	06:05	06:50	07:34	07:23	15:43 (WEA 04)	08:05	08:05		
16:44	17:32	18:18	20:05	20:50	21:25	21:27	20:49	19:48	18:44	16:48	20	16:03 (WEA 04)	16:24	16:24		
11	08:15	07:39	06:46	06:41	05:46	05:17	05:28	06:07	06:51	07:35	07:24	15:42 (WEA 04)	08:06	14:59 (WEA 05)		
16:45	17:34	18:20	20:07	20:52	21:26	21:26	20:47	19:46	18:42	16:47	21	16:03 (WEA 04)	16:24	15:05 (WEA 05)		
12	08:14	07:38	06:44	06:39	05:45	05:17	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	15:42 (WEA 04)	08:07	14:58 (WEA 05)		
16:47	17:36	18:21	20:09	20:53	21:27	21:25	20:45	19:44	18:40	16:46	22	16:04 (WEA 04)	16:24	15:07 (WEA 05)		
13	08:13	07:36	06:42	06:37	05:43	05:17	05:30	06:10	06:54	07:38	07:28	15:42 (WEA 04)	08:08	14:57 (WEA 05)		
16:48	17:37	18:14	20:02	20:47	21:21	21:24	20:44	19:41	18:38	16:44	23	16:05 (WEA 04)	16:24	15:07 (WEA 05)		
14	08:13	07:34	06:40	06:35	05:42	05:16	05:31	06:11	06:56	07:40	07:29	15:42 (WEA 04)	08:09	14:57 (WEA 05)		
16:49	17:39	18:24	20:12	20:56	21:28	21:24	20:42	19:39	18:36	16:43	23	16:05 (WEA 04)	16:24	15:08 (WEA 05)		
15	08:12	07:33	06:38	06:33	05:40	05:16	05:32	06:12	06:57	07:41	07:31	15:42 (WEA 04)	08:10	15:07 (WEA 05)		
16:51	17:41	18:26	20:13	20:57	21:28	21:23	20:40	19:37	18:34	16:42	23	16:05 (WEA 04)	16:24	15:09 (WEA 05)		
16	08:11	07:31	06:35	06:31	05:39	05:16	05:33	06:14	06:58	07:43	07:32	15:42 (WEA 04)	08:10	14:57 (WEA 05)		
16:52	8	16:22 (WEA 04)	17:42	18:27	20:15	20:59	21:29	21:22	20:38	19:35	18:32	16:41	23	16:05 (WEA 04)	16:24	15:10 (WEA 05)
17	08:11	07:29	06:33	06:29	05:38	05:16	05:34	06:15	07:00	07:44	07:34	15:43 (WEA 04)	16:24	14:58 (WEA 05)		
16:54	12	16:24 (WEA 04)	17:44	18:29	20:16	21:00	21:29	21:21	20:36	19:33	18:30	16:39	22	16:05 (WEA 04)	16:24	15:11 (WEA 05)
18	08:10	07:27	06:31	06:27	05:36	05:16	05:35	06:17	07:01	07:46	07:35	15:43 (WEA 04)	08:12	14:57 (WEA 05)		
16:55	14	16:25 (WEA 04)	17:46	18:30	20:18	21:01	21:30	21:20	20:34	19:31	18:28	16:38	22	16:05 (WEA 04)	16:25	15:11 (WEA 05)
19	08:09	07:25	06:29	06:25	05:35	05:16	05:37	06:18	07:03	07:48	07:37	15:44 (WEA 04)	08:13	14:58 (WEA 05)		
16:57	16	16:27 (WEA 04)	17:47	18:32	20:19	21:03	21:30	21:19	20:33	19:29	18:26	16:37	21	16:05 (WEA 04)	16:25	15:12 (WEA 05)
20	08:08	07:24	06:27	06:23	05:34	05:16	05:38	06:20	07:04	07:49	07:38	15:45 (WEA 04)	08:13	14:59 (WEA 05)		
16:58	18	16:28 (WEA 04)	17:49	18:34	20:21	21:04	21:30	21:18	20:31	19:26	18:24	16:36	20	16:05 (WEA 04)	16:25	15:13 (WEA 05)
21	08:07	07:22	06:25	06:21	05:33	05:17	05:39	06:21	07:06	07:51	07:40	15:45 (WEA 04)	08:14	14:58 (WEA 05)		
17:00	19	16:29 (WEA 04)	17:51	18:35	20:22	21:05	21:31	21:17	20:29	19:24	18:22	16:35	19	16:04 (WEA 04)	16:26	15:13 (WEA 05)
22	08:06	07:20	06:23	06:19	05:32	05:17	05:40	06:22	07:07	07:52	07:41	15:46 (WEA 04)	08:14	14:59 (WEA 05)		
17:01	20	16:30 (WEA 04)	17:52	18:37	20:24	21:06	21:31	21:16	20:27	19:22	18:20	16:34	18	16:04 (WEA 04)	16:26	15:14 (WEA 05)
23	08:05	07:18	06:21	06:17	05:31	05:17	05:41	06:24	07:09	07:54	07:43	15:47 (WEA 04)	08:15	14:59 (WEA 05)		
17:03	21	16:31 (WEA 04)	17:54	18:38	20:25	21:08	21:31	21:15	20:25	19:20	18:18	16:33	16	16:03 (WEA 04)	16:27	15:14 (WEA 05)
24	08:04	07:16	06:18	06:15	05:29	05:17	05:42	06:25	07:10	07:55	07:44	15:48 (WEA 04)	08:15	15:00 (WEA 05)		
17:04	22	16:31 (WEA 04)	17:56	18:40	20:27	21:09	21:31	21:14	20:23	19:18	18:17	16:32	14	16:02 (WEA 04)	16:27	15:14 (WEA 05)
25	08:03	07:14	06:16	06:13	05:28	05:18	05:44	06:27	07:11	07:57	07:46	15:50 (WEA 04)	08:16	15:01 (WEA 05)		
17:06	22	16:31 (WEA 04)	17:57	18:41	20:28	21:10	21:31	21:13	20:21	19:16	18:15	16:31	12	16:02 (WEA 04)	16:28	15:15 (WEA 05)
26	08:02	07:12	06:14	06:11	05:27	05:18	05:45	06:28	07:13	07:59	07:47	15:52 (WEA 04)	08:16	15:01 (WEA 05)		
17:08	23	16:32 (WEA 04)	17:59	18:43	20:30	21:11	21:31	21:11	20:19	19:13	18:13	16:30	8	16:00 (WEA 04)	16:29	15:15 (WEA 05)
27	08:01	07:10	06:12	06:10	05:26	05:18	05:46	06:30	07:14	07:00	07:49	15:52 (WEA 04)	08:16	15:02 (WEA 05)		
17:09	23	16:33 (WEA 04)	18:00	18:44	20:31	21:12	21:31	21:10	20:17	19:11	18:11	16:30	16:29	15:15 (WEA 05)		
28	08:00	07:08	06:10	06:08	05:26	05:19	05:48	06:31	07:16	07:02	07:50	15:53 (WEA 04)	08:17	15:03 (WEA 05)		
17:11	23	16:32 (WEA 04)	18:02	18:46	20:33	21:13	21:31	21:09	20:15	19:09	18:09	16:29	16:30	12	15:15 (WEA 05)	
29	07:58	07:08	06:08	06:06	05:25	05:19	05:49	06:33	07:17	07:03	07:52	15:54 (WEA 04)	08:17	15:03 (WEA 05)		
17:12	23	16:33 (WEA 04)	17:59	19:47	20:34	21:15	21:31	21:07	20:13	19:07	18:08	16:28	16:31	12	15:15 (WEA 05)	
30	07:57	07:07	06:06	06:04	05:24	05:20	05:50	06:34	07:19	07:05	07:53	15:55 (WEA 04)	08:17	15:04 (WEA 05)		
17:14	22	16:33 (WEA 04)	17:59	19:49	20:36	21:16	21:31	21:06	20:11	19:05	18:06	16:28	16:32	11	15:15 (WEA 05)	
31	07:56	07:04	06:04	06:02	05:23	05:19	05:49	06:35	07:19	07:07	07:54	15:56 (WEA 04)	08:17	15:06 (WEA 05)		
17:16	21	16:32 (WEA 04)	17:59	19:50	20:37	21:17	21:31	21:04	20:09	19:04	18:04	16:33	9	15:15 (WEA 05)		
Sonnenscheinstunden	270	283	368	411	474	485	489	446	379	336	276	257	260	260	260	260
astr. max. mögl. Beschattung	314	78														
Red. Sonnenscheinwahrsch.	0,25	0,32											0,28	0,22	0,22	0,22
Reduktion Betriebsdauer	0,97	0,97											0,97	0,97	0,97	0,97
Reduktion Windrichtung	0,74	0,74											0,74	0,71	0,71	0,71
Gesamte Reduktion	0,18	0,23											0,20	0,15	0,15	0,15
Met. wahrsch. Beschattung	55	18											78	39	39	39

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	Schattenende (WEA mit letztem Schatten)

Projekt:
16-1-3045
ABO Wind AG

Beschreibung:
Windpark Öhringen-Karlsfurtebene, im Hohenlohekreis,
Baden-Württemberg

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

Unter den Eichen 7
65195 Wiesbaden

-
Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com
Berechnet:
16.05.2022 14:17/3.5.576

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung 7x N133Schattenrezeptor: K - Waldenburg, Am Eichenhain 5
Annahmen für Schattenwurfberechnung

Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [STUTT GART]
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez
2,14 3,19 3,89 5,32 6,63 6,58 7,54 7,31 5,36 3,24 2,58 1,79

Betriebsdauer je Sektor
N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe
263 401 712 720 749 527 556 814 1.485 1.355 600 298 8.481
Startwindgeschwindigkeit: Startwindgeschw. aus Leistungskennlinie

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
1	08:17	15:28 (WEA 05)	07:54	07:06	07:01	06:02	05:22	05:20	05:53	06:37	07:20	07:08
16:34	18	15:46 (WEA 05)	17:17	18:04	19:52	20:37	21:18	21:31	21:03	20:07	19:03	17:02
2	08:17	15:28 (WEA 05)	07:53	07:04	06:59	06:01	05:22	05:21	05:54	06:38	07:22	07:10
16:35	19	15:47 (WEA 05)	17:19	18:05	19:53	20:39	21:19	21:30	21:02	20:05	19:01	17:01
3	08:17	15:29 (WEA 05)	07:52	07:02	06:57	05:59	05:21	05:22	05:56	06:40	07:23	07:11
16:36	18	15:47 (WEA 05)	17:21	18:07	19:55	20:40	21:20	21:30	21:00	20:03	18:59	16:59
4	08:17	15:30 (WEA 05)	07:50	07:00	06:55	05:57	05:20	05:22	05:57	06:41	07:25	07:13
16:37	18	15:48 (WEA 05)	17:22	18:08	19:56	20:41	21:21	21:30	20:58	20:00	18:56	16:58
5	08:17	15:30 (WEA 05)	07:49	06:58	06:53	05:56	05:20	05:23	05:58	06:43	07:26	07:15
16:38	17	15:47 (WEA 05)	17:24	18:10	19:58	20:43	21:22	21:29	20:57	19:58	18:54	16:56
6	08:16	15:31 (WEA 05)	07:47	06:56	06:51	05:54	05:19	05:24	06:00	06:44	07:28	07:16
16:39	16	15:47 (WEA 05)	17:26	18:12	19:59	20:44	21:22	21:29	20:55	19:56	18:52	16:54
7	08:16	15:33 (WEA 05)	07:46	06:54	06:49	05:52	05:19	05:25	06:01	06:45	07:29	07:18
16:40	15	15:48 (WEA 05)	17:27	18:13	20:01	20:46	21:23	21:29	20:54	19:54	18:50	16:53
8	08:16	15:33 (WEA 05)	07:44	06:52	06:47	05:51	05:18	05:25	06:02	06:47	07:31	07:20
16:41	14	15:47 (WEA 05)	17:29	18:15	20:02	20:47	21:24	21:28	20:52	19:52	18:48	16:51
9	08:15	15:35 (WEA 05)	07:43	06:50	06:45	05:49	05:18	05:26	06:04	06:48	07:32	07:21
16:43	12	15:47 (WEA 05)	17:31	18:16	20:04	20:49	21:25	21:27	20:50	19:50	18:46	16:50
10	08:15	15:36 (WEA 05)	07:41	06:48	06:43	05:48	05:17	05:27	06:05	06:50	07:34	07:23
16:44	10	15:46 (WEA 05)	17:32	18:18	20:05	20:50	21:25	21:27	20:49	19:48	18:44	16:48
11	08:15	15:37 (WEA 05)	07:39	06:46	06:41	05:46	05:17	05:28	06:07	06:51	07:35	07:24
16:45	8	15:45 (WEA 05)	17:34	18:20	20:07	20:52	21:26	21:26	20:47	19:46	18:42	16:47
12	08:14	15:40 (WEA 05)	07:38	06:44	06:39	05:45	05:17	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26
16:47	4	15:44 (WEA 05)	17:36	18:21	20:08	20:53	21:27	21:25	20:45	19:44	18:40	16:46
13	08:13	15:36 (WEA 05)	07:36	06:42	06:37	05:43	05:17	05:30	06:10	06:54	07:38	07:28
16:48	14	15:48	17:37	18:23	20:10	20:54	21:27	21:25	20:43	19:41	18:38	16:44
14	08:13	15:34	07:34	06:40	06:35	05:42	05:16	05:31	06:11	06:56	07:40	07:29
16:49	14	15:49	17:39	18:24	20:12	20:56	21:28	21:24	20:42	19:39	18:36	16:43
15	08:12	15:33	07:33	06:38	06:33	05:40	05:16	05:32	06:12	06:57	07:41	07:31
16:51	14	15:51	17:41	18:26	20:13	20:57	21:28	21:23	20:40	19:37	18:34	16:42
16	08:11	15:32	07:31	06:35	06:31	05:39	05:16	05:33	06:14	06:58	07:43	07:32
16:52	14	15:52	17:42	18:27	20:15	20:59	21:29	21:22	20:38	19:35	18:32	16:41
17	08:11	15:33	07:29	06:33	06:29	05:38	05:16	05:34	06:15	07:00	07:44	07:34
16:54	14	15:54	17:44	18:29	20:16	21:00	21:29	21:21	20:36	19:33	18:30	16:39
18	08:10	15:34	07:27	06:31	06:27	05:36	05:16	05:35	06:17	07:01	07:46	07:35
16:55	14	15:55	17:46	18:30	20:18	21:01	21:30	21:20	20:34	19:31	18:28	16:38
19	08:09	15:35	07:25	06:29	06:25	05:35	05:16	05:36	06:18	07:03	07:48	07:37
16:57	14	15:57	17:47	18:32	20:19	21:03	21:30	21:19	20:32	19:29	18:26	16:37
20	08:08	15:36	07:24	06:27	06:23	05:34	05:16	05:38	06:20	07:04	07:49	07:38
16:58	14	15:58	17:49	18:34	20:21	21:04	21:30	21:18	20:31	19:26	18:24	16:36
21	08:07	15:37	07:22	06:25	06:21	05:33	05:17	05:39	06:21	07:06	07:51	07:40
17:00	14	15:59	17:51	18:35	20:22	21:05	21:31	21:17	20:29	19:24	18:22	16:35
22	08:06	15:38	07:20	06:23	06:19	05:32	05:17	05:40	06:22	07:07	07:52	07:41
17:01	14	16:00	17:52	18:37	20:24	21:06	21:31	21:16	20:27	19:22	18:20	16:34
23	08:05	15:39	07:18	06:21	06:17	05:31	05:17	05:41	06:24	07:08	07:54	07:43
17:03	14	16:01	17:54	18:38	20:25	21:08	21:31	21:15	20:25	19:20	18:18	16:33
24	08:04	15:40	07:16	06:18	06:15	05:29	05:17	05:42	06:25	07:10	07:55	07:44
17:04	14	16:02	17:56	18:40	20:27	21:09	21:31	21:14	20:23	19:18	18:17	16:32
25	08:03	15:41	07:14	06:16	06:13	05:28	05:18	05:44	06:27	07:11	06:57	07:46
17:06	14	16:04	17:57	18:41	20:28	21:10	21:31	21:12	20:21	19:16	17:15	16:31
26	08:02	15:42	07:12	06:14	06:11	05:27	05:18	05:45	06:28	07:13	06:59	07:47
17:07	14	16:05	17:59	18:43	20:30	21:11	21:31	21:11	20:19	19:13	17:13	16:30
27	08:01	15:43	07:10	06:12	06:10	05:26	05:18	05:46	06:30	07:14	07:00	07:49
17:09	14	16:07	18:00	18:44	20:31	21:12	21:31	21:10	20:17	19:11	17:11	16:30
28	08:00	15:44	07:08	06:10	06:08	05:26	05:19	05:48	06:31	07:16	07:02	07:50
17:11	14	16:09	18:02	18:46	20:33	21:13	21:31	21:09	20:15	19:09	17:09	16:29
29	07:58	15:45	07:08	06:06	06:05	05:19	05:49	06:33	07:17	07:03	07:52	07:41
17:12	14	16:10	19:47	20:34	21:15	21:31	21:07	20:13	19:07	17:08	16:28	16:28
30	07:57	15:46	07:06	06:04	06:04	05:24	05:20	05:50	06:34	07:19	07:05	07:53
17:14	14	16:11	19:49	20:36	21:16	21:31	21:06	20:11	19:05	17:06	16:28	4 15:21 (WEA 05)
31	07:56	15:47	07:04	06:03	06:03	05:23	05:51	06:35	07:07	07:07	07:07	07:07
17:16	14	16:12	19:50	20:37	21:17	21:31	21:04	20:09	17:04	16:28	16:33	19 15:46 (WEA 05)
Sonnenscheinstunden	270	283	368	411	474	485	489	446	379	336	276	257
astr.max.mögl.Beschattung	169										4	561
Red.Sonnenscheinwahrsch.	0,25										0,28	0,22
Reduktion Betriebsdauer	0,97										0,97	0,97
Reduktion Windrichtung	0,72										0,72	0,72
Gesamte Reduktion	0,17										0,20	0,15
Met.wahrsch.Beschattung	29										1	85

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:
16-1-3045
ABO Wind AG

Beschreibung:
Windpark Öhringen-Karlsfurtebene, im Hohenlohekreis,
Baden-Württemberg

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

Unter den Eichen 7
65195 Wiesbaden

Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com
Berechnet:
16.05.2022 14:17/3.5.576

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung 7x N133Schattenrezeptor: S - Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)
Annahmen für Schattenwurfberechnung

Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [STUTT GART]
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez
2,14 3,19 3,89 5,32 6,63 6,58 7,54 7,31 5,36 3,24 2,58 1,79

Betriebsdauer je Sektor
N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe
263 401 712 720 749 527 556 814 1.485 1.355 600 298 8.481
Startwindgeschwindigkeit: Startwindgeschw. aus Leistungskennlinie

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	
1	08:17	15:16 (WEA 05) 07:54	16:25 (WEA 04) 07:06	17:02	06:02	05:22	05:20	05:53	06:37	07:20	07:08	15:59 (WEA 04) 07:54	15:05 (WEA 05)
2	08:17	15:40 (WEA 05) 07:53	16:46 (WEA 04) 07:04	17:17	06:04	05:22	05:21	05:54	06:38	07:22	07:10	16:13 (WEA 04) 07:54	15:23 (WEA 05)
3	08:17	15:17 (WEA 05) 07:52	16:25 (WEA 04) 07:02	17:02	06:05	05:21	05:22	05:56	06:40	07:23	07:01	16:14 (WEA 04) 07:57	15:05 (WEA 05)
4	08:17	15:41 (WEA 05) 07:52	16:47 (WEA 04) 07:07	17:17	06:07	05:21	05:20	05:54	06:44	07:28	07:13	16:15 (WEA 04) 07:59	15:05 (WEA 05)
5	08:17	15:18 (WEA 05) 07:49	16:25 (WEA 04) 06:58	17:02	06:05	05:20	05:23	05:58	06:43	07:26	07:15	16:16 (WEA 04) 07:59	15:05 (WEA 05)
6	08:16	15:41 (WEA 05) 07:44	16:47 (WEA 04) 06:58	17:17	06:07	05:21	05:21	05:57	06:43	07:26	07:15	16:16 (WEA 04) 07:59	15:05 (WEA 05)
7	08:16	15:19 (WEA 05) 07:47	16:26 (WEA 04) 06:56	17:02	06:05	05:21	05:24	06:00	06:44	07:28	07:16	16:15 (WEA 04) 08:00	15:05 (WEA 05)
8	08:16	15:42 (WEA 05) 07:46	16:47 (WEA 04) 06:56	17:17	06:07	05:21	05:24	06:00	06:44	07:28	07:16	16:16 (WEA 04) 08:00	15:05 (WEA 05)
9	08:15	15:22 (WEA 05) 07:43	16:28 (WEA 04) 06:50	17:02	06:05	05:21	05:24	06:00	06:44	07:28	07:16	16:17 (WEA 04) 08:00	15:07 (WEA 05)
10	08:15	15:43 (WEA 05) 07:41	16:45 (WEA 04) 06:48	17:02	06:05	05:21	05:27	06:05	06:50	07:34	07:23	16:17 (WEA 04) 08:05	15:07 (WEA 05)
11	08:15	15:23 (WEA 05) 07:41	16:43 (WEA 04) 06:48	17:02	06:05	05:21	05:27	06:05	06:50	07:34	07:23	16:17 (WEA 04) 08:05	15:07 (WEA 05)
12	08:14	15:42 (WEA 05) 07:38	16:43 (WEA 04) 06:48	17:02	06:05	05:21	05:27	06:05	06:50	07:34	07:23	16:17 (WEA 04) 08:05	15:07 (WEA 05)
13	08:14	15:25 (WEA 05) 07:38	16:32 (WEA 04) 06:46	16:42	06:04	05:17	05:28	06:07	06:51	07:35	07:24	16:16 (WEA 04) 08:04	15:07 (WEA 05)
14	08:13	15:41 (WEA 05) 07:36	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
15	08:13	15:26 (WEA 05) 07:36	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
16	08:13	15:40 (WEA 05) 07:37	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
17	08:13	15:28 (WEA 05) 07:34	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
18	08:12	15:39 (WEA 05) 07:33	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
19	08:12	15:31 (WEA 05) 07:33	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
20	08:11	15:39 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
21	08:11	15:23 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
22	08:11	15:41 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
23	08:11	15:25 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
24	08:11	15:41 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
25	08:11	15:25 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
26	08:11	15:41 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
27	08:11	15:25 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
28	08:11	15:41 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
29	08:11	15:25 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
30	08:11	15:41 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
31	08:11	15:25 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
32	08:11	15:41 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
33	08:11	15:25 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
34	08:11	15:41 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
35	08:11	15:25 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
36	08:11	15:41 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
37	08:11	15:25 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
38	08:11	15:41 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
39	08:11	15:25 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
40	08:11	15:41 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
41	08:11	15:25 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
42	08:11	15:41 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
43	08:11	15:25 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
44	08:11	15:41 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
45	08:11	15:25 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
46	08:11	15:41 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
47	08:11	15:25 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
48	08:11	15:41 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
49	08:11	15:25 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
50	08:11	15:41 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
51	08:11	15:25 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
52	08:11	15:41 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
53	08:11	15:25 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
54	08:11	15:41 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
55	08:11	15:25 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
56	08:11	15:41 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
57	08:11	15:25 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
58	08:11	15:41 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
59	08:11	15:25 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
60	08:11	15:41 (WEA 05) 07:31	16:44 (WEA 04) 06:44	17:02	06:05	05:21	05:29	06:08	06:53	07:37	07:26	16:16 (WEA 04) 08:07	15:07 (WEA 05)
61	08:11	15:25 (WEA 05) 07:31	16:44 (WE										

Projekt:
16-1-3045
ABO Wind AG

Beschreibung:
Windpark Öhringen-Karlsfurtebene, im Hohenlohekreis,
Baden-Württemberg

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

Unter den Eichen 7
65195 Wiesbaden

Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com
Berechnet:
16.05.2022 14:17/3.5.576

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung 7x N133Schattenrezeptor: T - Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)
Annahmen für Schattenwurfberechnung
Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [STUTTGART]

Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug SeptemOktob November Dezember
2,14 3,19 3,89 5,32 6,63 6,58 7,54 7,31 5,36 3,24 2,58 1,79

Betriebsdauer je Sektor
N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe
263 401 712 720 749 527 556 814 1.485 1.355 600 298 8.481
Startwindgeschwindigkeit: Startwindgeschw. aus Leistungskennlinie

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
1	08:17	15:28 (WEA 05) 07:54	16:39 (WEA 04) 07:06	16:50 (WEA 04) 07:02								
2	08:17	15:29 (WEA 05) 07:53	16:37 (WEA 04) 07:04	16:50 (WEA 04) 07:00								
3	08:17	15:29 (WEA 05) 07:52	16:37 (WEA 04) 07:02	16:50 (WEA 04) 06:57								
4	08:17	15:30 (WEA 05) 07:50	16:36 (WEA 04) 07:00	16:50 (WEA 04) 06:55								
5	08:17	15:29 (WEA 05) 07:49	16:35 (WEA 04) 06:58	16:50 (WEA 04) 06:53								
6	08:16	15:30 (WEA 05) 07:47	16:35 (WEA 04) 06:56	16:50 (WEA 04) 06:51								
7	08:16	15:31 (WEA 05) 07:46	16:35 (WEA 04) 06:54	16:50 (WEA 04) 06:49								
8	08:16	15:31 (WEA 05) 07:44	16:35 (WEA 04) 06:52	16:50 (WEA 04) 06:47								
9	08:15	15:32 (WEA 05) 07:43	16:35 (WEA 04) 06:50	16:50 (WEA 04) 06:45								
10	08:15	15:32 (WEA 05) 07:41	16:35 (WEA 04) 06:48	16:50 (WEA 04) 06:43								
11	08:15	15:32 (WEA 05) 07:39	16:36 (WEA 04) 06:46	16:50 (WEA 04) 06:41								
12	08:14	15:33 (WEA 05) 07:38	16:37 (WEA 04) 06:44	16:50 (WEA 04) 06:39								
13	08:13	15:34 (WEA 05) 07:36	16:37 (WEA 04) 06:42	16:50 (WEA 04) 06:37								
14	08:13	15:34 (WEA 05) 07:34	16:38 (WEA 04) 06:40	16:50 (WEA 04) 06:35								
15	08:12	15:36 (WEA 05) 07:33	16:40 (WEA 04) 06:38	16:50 (WEA 04) 06:33								
16	08:11	15:38 (WEA 05) 07:31	16:42 (WEA 04) 06:36	16:50 (WEA 04) 06:31								
17	08:11	15:37 (WEA 05) 07:29	16:41 (WEA 04) 06:35	16:50 (WEA 04) 06:30								
18	08:10	15:38 (WEA 05) 07:27	16:41 (WEA 04) 06:34	16:50 (WEA 04) 06:29								
19	08:09	15:39 (WEA 05) 07:25	16:42 (WEA 04) 06:33	16:50 (WEA 04) 06:28								
20	08:08	15:40 (WEA 05) 07:24	16:43 (WEA 04) 06:32	16:50 (WEA 04) 06:27								
21	08:07	15:42 (WEA 05) 07:22	16:44 (WEA 04) 06:31	16:50 (WEA 04) 06:26								
22	08:06	15:44 (WEA 05) 07:20	16:45 (WEA 04) 06:30	16:50 (WEA 04) 06:25								
23	08:05	15:46 (WEA 05) 07:18	16:46 (WEA 04) 06:29	16:50 (WEA 04) 06:24								
24	08:04	15:48 (WEA 05) 07:16	16:47 (WEA 04) 06:28	16:50 (WEA 04) 06:23								
25	08:03	15:50 (WEA 05) 07:14	16:48 (WEA 04) 06:27	16:50 (WEA 04) 06:22								
26	08:02	15:52 (WEA 05) 07:12	16:49 (WEA 04) 06:26	16:50 (WEA 04) 06:21								
27	08:01	15:54 (WEA 05) 07:10	16:50 (WEA 04) 06:25	16:50 (WEA 04) 06:20								
28	08:00	15:56 (WEA 05) 07:08	16:51 (WEA 04) 06:24	16:50 (WEA 04) 06:19								
29	07:58	15:58 (WEA 05) 07:06	16:52 (WEA 04) 06:23	16:50 (WEA 04) 06:18								
30	07:57	15:59 (WEA 05) 07:04	16:53 (WEA 04) 06:22	16:50 (WEA 04) 06:17								
31	07:56	16:01 (WEA 04) 07:02	16:54 (WEA 04) 06:21	16:50 (WEA 04) 06:16								
astr.max.mögl.Beschattung	490	283	266	411	474	485	489	446	379	336	89	744
Red.Sonnenscheinwahrsch.	0,25	0,32	0,32								0,30	0,22
Reduktion Betriebsdauer	0,97	0,97	0,97								0,97	0,97
Reduktion Windrichtung	0,72	0,75	0,75								0,75	0,72
Gesamte Reduktion	0,17	0,23	0,23								0,20	0,15
Met.wahrsch.Beschattung	84	61	61								19	112

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) Schatteneende (WEA mit letztem Schatten)

16-1-3045-007-SRM Schattenwurfprognose Öhringen 2x N133

Projekt:
16-1-3045
ABO Wind AG

Beschreibung:
Windpark Öhringen-Karlsfurtebene, im Hohenlohekreis,
Baden-Württemberg

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

Unter den Eichen 7
65195 Wiesbaden

Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com
Berechnet:
16.05.2022 14:17/3.5.576

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung 7x N133Schattenrezeptor: V - Waldenburg, Burgersee gepl. Erweiterung
Annahmen für Schattenwurfberechnung

Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [STUTT GART]
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez
2,14 3,19 3,89 5,32 6,63 6,58 7,54 7,31 5,36 3,24 2,58 1,79

Betriebsdauer je Sektor
N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe
263 401 712 720 749 527 556 814 1.485 1.355 600 298 8.481
Startwindgeschwindigkeit: Startwindgeschw. aus Leistungskennlinie

	Januar	Februar	Marz	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember		
1	08:17 16:34	15:44 (WEA 05) 16:00 (WEA 05) 16:01 (WEA 05)	07:54 17:17	07:06 18:04	07:02 19:52	06:02 20:37	05:22 21:18	05:20 21:31	05:53 21:03	06:37 20:07	07:20 19:03	16:15 (WEA 04) 16:34 (WEA 04)	07:54 16:27	15:27 (WEA 05) 15:50 (WEA 05)
2	08:17 16:35	15:44 (WEA 05) 16:01 (WEA 05)	07:53 17:19	07:04 18:05	06:59 19:53	06:01 20:39	05:22 21:19	05:21 21:30	05:54 21:02	06:38 20:05	07:22 19:01	16:15 (WEA 04) 16:33 (WEA 04)	07:56 16:26	15:28 (WEA 05) 15:50 (WEA 05)
3	08:17 16:36	15:45 (WEA 05) 16:02 (WEA 05)	07:52 17:21	07:02 18:07	06:59 19:55	06:01 20:40	05:21 21:20	05:22 21:30	06:00 21:00	06:40 20:03	07:23 18:59	16:16 (WEA 04) 16:31 (WEA 04)	07:57 16:26	15:28 (WEA 05) 15:50 (WEA 05)
4	08:17 16:37	15:45 (WEA 05) 16:03 (WEA 05)	07:50 17:22	07:00 18:09	06:55 19:56	06:01 20:41	05:20 21:21	05:22 21:30	05:51 20:58	06:41 20:00	07:25 18:56	16:17 (WEA 04) 16:29 (WEA 04)	07:58 16:26	15:29 (WEA 05) 15:51 (WEA 05)
5	08:17 16:38	15:44 (WEA 05) 16:03 (WEA 05)	07:49 17:24	16:52 (WEA 04) 06:58	06:53 19:58	06:56 20:43	05:20 21:22	05:23 21:29	05:58 20:57	06:43 19:58	07:26 18:54	16:19 (WEA 04) 16:28 (WEA 04)	07:59 16:25	15:30 (WEA 05) 15:52 (WEA 05)
6	08:16 16:39	15:45 (WEA 05) 16:04 (WEA 05)	07:47 17:26	16:49 (WEA 04) 06:56	06:51 19:59	06:54 20:44	05:19 21:22	05:24 21:29	06:00 20:55	06:44 19:56	07:28 18:52	16:16 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:00 16:25	15:31 (WEA 05) 15:53 (WEA 05)
7	08:16 16:40	15:45 (WEA 05) 16:06 (WEA 05)	07:46 17:27	16:47 (WEA 04) 18:13	06:49 20:01	06:52 20:46	05:19 21:23	05:25 21:29	06:01 20:54	06:45 19:54	07:29 18:50	16:18 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:02 16:24	15:31 (WEA 05) 15:50 (WEA 05)
8	08:16 16:41	15:45 (WEA 05) 16:06 (WEA 05)	07:44 17:29	16:47 (WEA 04) 18:15	06:47 20:02	06:51 20:47	05:18 21:24	05:25 21:28	06:03 20:52	06:47 19:52	07:31 18:48	16:15 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:03 16:24	15:32 (WEA 05) 15:50 (WEA 05)
9	08:15 16:43	15:45 (WEA 05) 16:07 (WEA 05)	07:43 17:31	16:46 (WEA 04) 18:16	06:50 20:04	06:45 20:49	05:17 21:25	05:28 21:27	06:07 20:50	06:51 19:50	07:35 18:46	16:16 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:06 16:24	15:35 (WEA 05) 15:50 (WEA 05)
10	08:15 16:44	15:45 (WEA 05) 16:07 (WEA 05)	07:41 17:32	16:45 (WEA 04) 18:18	06:48 20:05	06:43 20:50	05:17 21:25	05:27 21:27	06:05 20:49	06:50 19:48	07:34 18:44	16:16 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:05 16:24	15:34 (WEA 05) 15:50 (WEA 05)
11	08:15 16:45	15:45 (WEA 05) 16:08 (WEA 05)	07:39 17:34	16:45 (WEA 04) 18:20	06:46 20:07	06:41 20:52	05:17 21:26	05:28 21:26	06:07 20:47	06:51 19:46	07:35 18:42	16:17 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:06 16:24	15:35 (WEA 05) 15:51 (WEA 05)
12	08:14 16:47	15:45 (WEA 05) 16:09 (WEA 05)	07:38 17:36	16:45 (WEA 04) 18:21	06:44 20:08	06:39 20:53	05:17 21:27	05:29 21:25	06:08 20:45	06:53 19:44	07:37 18:40	16:17 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:07 16:24	15:51 (WEA 05) 15:50 (WEA 05)
13	08:13 16:48	15:45 (WEA 05) 16:09 (WEA 05)	07:36 17:37	16:44 (WEA 04) 18:23	06:42 20:10	06:37 20:54	05:17 21:27	05:30 21:25	06:10 20:43	06:54 19:41	07:38 18:38	16:15 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:08 16:24	15:36 (WEA 05) 15:50 (WEA 05)
14	08:13 16:49	15:45 (WEA 05) 16:10 (WEA 05)	07:34 17:39	16:44 (WEA 04) 18:24	06:40 20:12	06:35 20:56	05:16 21:28	05:31 21:24	06:11 20:42	06:56 19:39	07:40 18:36	16:16 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:09 16:24	15:37 (WEA 05) 15:50 (WEA 05)
15	08:12 16:51	15:46 (WEA 05) 16:11 (WEA 05)	07:33 17:41	16:45 (WEA 04) 18:26	06:38 20:13	06:33 20:57	05:16 21:28	05:32 21:23	06:12 20:40	06:57 19:37	07:41 18:34	16:17 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:10 16:24	15:38 (WEA 05) 15:50 (WEA 05)
16	08:11 16:52	15:47 (WEA 05) 16:11 (WEA 05)	07:31 17:42	16:46 (WEA 04) 18:27	06:35 20:15	06:31 20:59	05:16 21:29	05:33 21:22	06:14 20:38	06:58 19:35	07:43 18:32	16:18 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:10 16:24	15:39 (WEA 05) 15:51 (WEA 05)
17	08:11 16:54	15:47 (WEA 05) 16:11 (WEA 05)	07:29 17:44	16:47 (WEA 04) 18:29	06:33 20:16	06:29 21:00	05:16 21:29	05:34 21:21	06:15 20:36	07:00 19:33	07:44 18:30	16:18 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:11 16:24	15:40 (WEA 05) 15:51 (WEA 05)
18	08:10 16:55	15:47 (WEA 05) 16:12 (WEA 05)	07:27 17:46	17:04 (WEA 04) 18:30	06:27 20:18	06:23 21:01	05:16 21:30	05:35 21:20	06:17 20:34	07:01 19:31	07:46 18:24	16:19 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:12 16:24	15:40 (WEA 05) 15:50 (WEA 05)
19	08:09 16:57	15:47 (WEA 05) 16:12 (WEA 05)	07:25 17:47	16:49 (WEA 04) 18:32	06:29 20:25	06:25 21:03	05:16 21:30	05:37 21:19	06:18 20:32	07:03 19:26	07:48 18:26	16:19 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:13 16:24	15:41 (WEA 05) 15:51 (WEA 05)
20	08:08 16:58	15:48 (WEA 05) 16:12 (WEA 05)	07:24 17:49	16:53 (WEA 04) 18:34	06:27 20:21	06:23 21:04	05:16 21:30	05:38 21:18	06:20 20:31	07:04 19:26	07:49 18:24	16:20 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:13 16:24	15:43 (WEA 05) 15:50 (WEA 05)
21	08:07 17:00	15:49 (WEA 05) 16:12 (WEA 05)	07:22 17:51	16:57 (WEA 04) 18:35	06:25 20:22	06:21 21:05	05:17 21:31	05:39 21:17	06:21 20:29	07:06 19:24	07:51 18:22	16:21 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:14 16:26	15:43 (WEA 05) 15:52 (WEA 05)
22	08:06 17:01	15:49 (WEA 05) 16:12 (WEA 05)	07:20 17:52	16:58 (WEA 04) 18:37	06:23 20:24	06:19 21:06	05:17 21:31	05:40 21:16	06:22 20:27	07:07 19:22	07:52 18:20	16:22 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:14 16:26	15:44 (WEA 05) 15:53 (WEA 05)
23	08:05 17:03	15:50 (WEA 05) 16:12 (WEA 05)	07:18 17:54	16:59 (WEA 04) 18:38	06:21 20:25	06:17 21:08	05:17 21:31	05:41 21:15	06:24 20:25	07:09 19:20	07:54 18:18	16:23 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:15 16:27	15:44 (WEA 05) 15:53 (WEA 05)
24	08:04 17:04	15:50 (WEA 05) 16:11 (WEA 05)	07:16 17:56	16:58 (WEA 04) 18:40	06:19 20:27	06:15 21:09	05:17 21:31	05:42 21:14	06:25 20:23	07:10 19:18	07:55 18:17	16:24 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:15 16:27	15:44 (WEA 05) 15:53 (WEA 05)
25	08:03 17:06	15:52 (WEA 05) 16:11 (WEA 05)	07:14 17:57	16:59 (WEA 04) 18:41	06:17 20:28	06:13 21:10	05:18 21:31	05:44 21:12	06:27 20:21	07:11 19:16	06:57 18:15	16:16 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:16 16:28	15:44 (WEA 05) 15:54 (WEA 05)
26	08:02 17:08	15:53 (WEA 05) 16:10 (WEA 05)	07:12 17:59	16:59 (WEA 04) 18:43	06:14 20:30	06:11 21:11	05:18 21:31	05:45 21:11	06:28 20:19	07:13 19:13	06:59 18:13	16:15 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:16 16:29	15:44 (WEA 05) 15:55 (WEA 05)
27	08:01 17:09	15:55 (WEA 05) 16:09 (WEA 05)	07:10 18:00	16:59 (WEA 04) 18:44	06:12 20:31	06:10 21:12	05:18 21:31	05:46 21:10	06:30 20:17	07:14 19:11	07:00 18:11	16:14 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:16 16:29	15:44 (WEA 05) 15:55 (WEA 05)
28	08:00 17:11	15:56 (WEA 05) 16:07 (WEA 05)	07:08 18:02	16:59 (WEA 04) 18:46	06:10 20:38	06:08 21:13	05:19 21:31	05:48 21:09	06:31 20:15	07:02 19:09	07:50 18:29	16:14 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:17 16:30	15:44 (WEA 05) 15:56 (WEA 05)
29	07:58 17:12	16:00 (WEA 05) 16:04 (WEA 05)	07:08 18:02	16:59 (WEA 04) 18:46	06:06 20:34	06:05 21:15	05:19 21:31	05:49 21:07	06:33 20:13	07:17 19:07	07:03 18:08	16:14 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:17 16:31	15:44 (WEA 05) 15:56 (WEA 05)
30	07:57 17:14	16:00 (WEA 05) 16:04 (WEA 05)	07:07 18:00	16:59 (WEA 04) 18:46	06:04 20:36	06:04 21:16	05:20 21:31	05:50 21:06	06:34 20:11	07:19 19:05	07:05 18:06	16:14 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:17 16:32	15:44 (WEA 05) 15:58 (WEA 05)
31	07:56 17:16	16:00 (WEA 05) 16:04 (WEA 05)	07:06 18:00	16:59 (WEA 04) 18:46	06:04 20:36	06:04 21:16	05:20 21:31	05:52 21:06	06:35 20:11	07:07 19:05	07:06 18:06	16:14 (WEA 04) 16:24 (WEA 04)	08:17 16:33	15:44 (WEA 05) 15:59 (WEA 05)
Sonnenscheinstunden	270	283											257	
astr.max.mögl.Beschattung	589	247					485	489	446	379	336		176	443
Red.Sonnenscheinwahrsch.	0,25	0,32											0,30	0,22
Reduktion Betriebsdauer	0,97	0,97											0,97	0,97
Reduktion Windrichtung	0,73	0,75											0,75	0,73
Gesamte Reduktion	0,17	0,23											0,20	0,15
Met.wahrsch.Beschattung	102	57											38	68

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	Schattenende (WEA mit letztem Schatten)

Projekt:
16-1-3045
ABO Wind AG

Beschreibung:
Windpark Öhringen-Karlsfurtebene, im Hohenlohekreis,
Baden-Württemberg

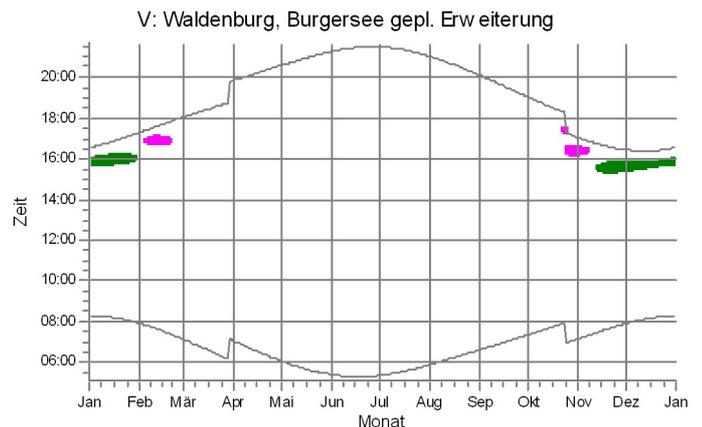
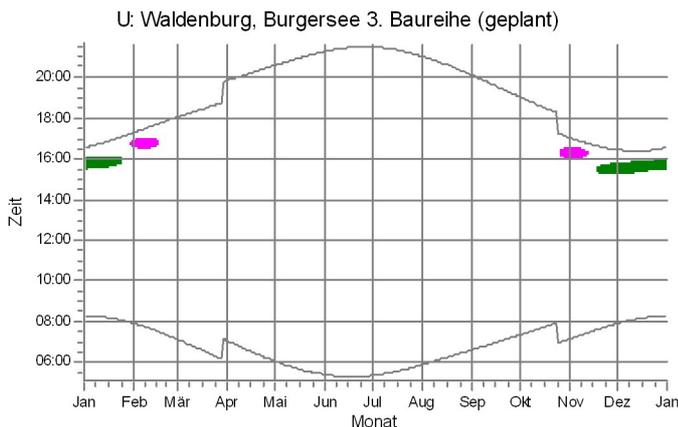
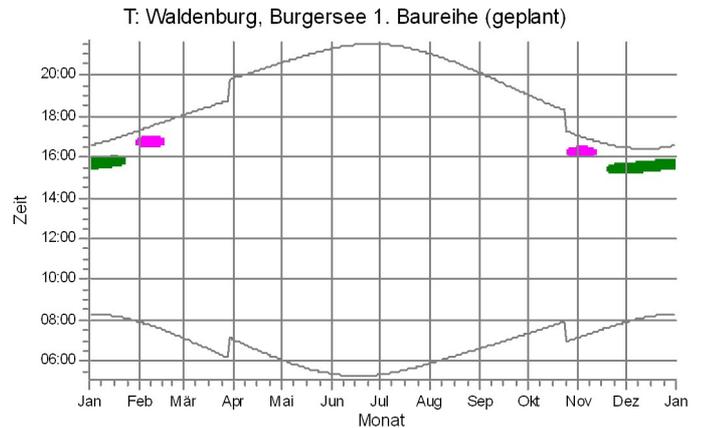
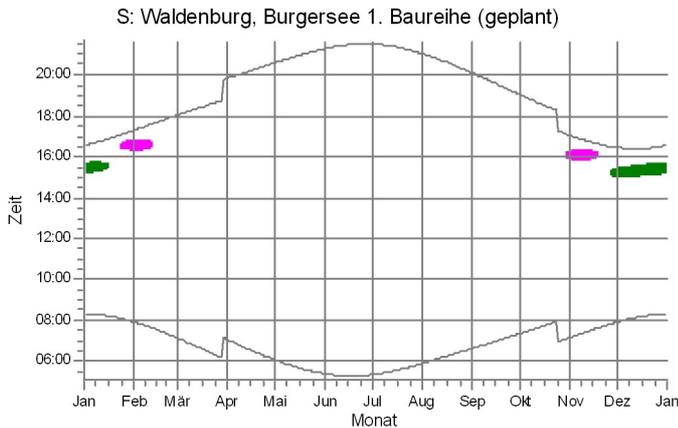
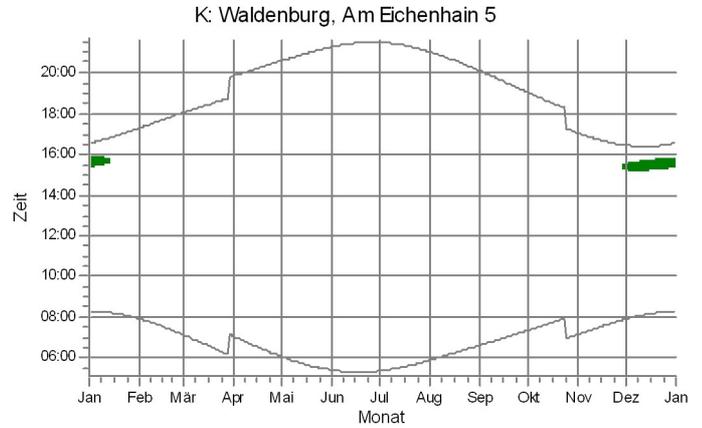
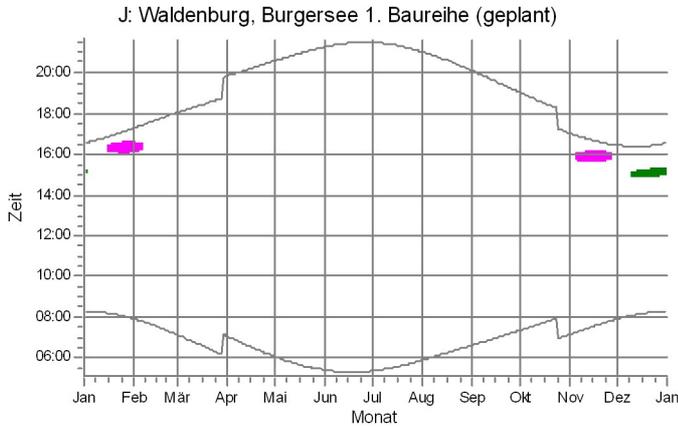
Lizenzierter Anwender:
Ramboll Deutschland GmbH
Elisabeth-Consbruch-Straße 3
DE-34131 Kassel

Unter den Eichen 7
65195 Wiesbaden

-
Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com
Berechnet:
16.05.2022 14:17/3.5.576

SHADOW - Grafischer Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung 7x N133



WEA

- WEA 05: NORDEX N133/4.8 4800 133.0 !O! NH: 164,0 m (Ges.:230,5 m) (110)
- WEA 04: NORDEX N133/4.8 4800 133.0 !O! NH: 164,0 m (Ges.:230,5 m) (14)

Projekt:
16-1-3045
ABO Wind AG

Beschreibung:
Windpark Öhringen-Karlsfurtebene, im Hohenlohekreis,
Baden-Württemberg

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

Unter den Eichen 7
65195 Wiesbaden

Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com
Berechnet:
16.05.2022 14:30/3.5.576

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) [STUTT GART]
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez
2,14 3,19 3,89 5,32 6,63 6,58 7,54 7,31 5,36 3,24 2,58 1,79

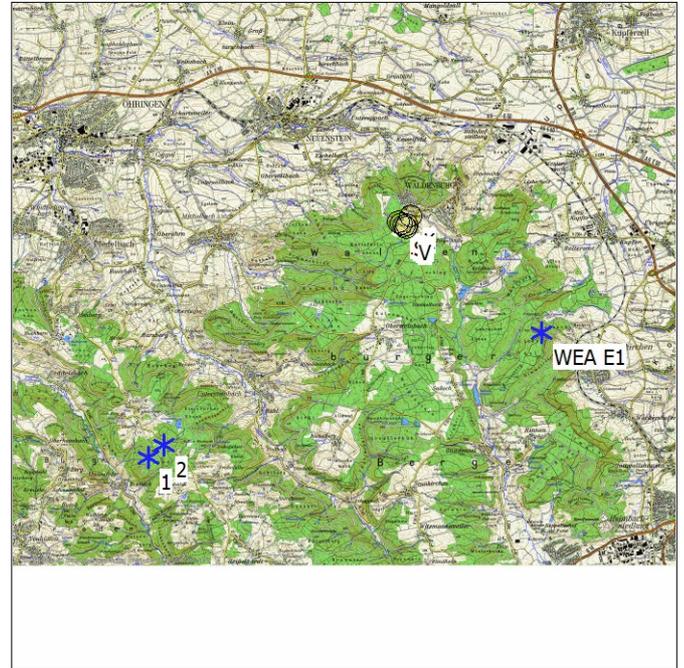
Betriebsstunden ermittelt aus WEA in Berechnung und Windverteilung:
CFSR2_E09.614_N49.165 (7)

Betriebsdauer je Sektor
N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe
261 399 707 715 744 523 552 808 1.474 1.345 596 295 8.421
Startwindgeschwindigkeit: Startwindgeschw. aus Leistungskennlinie

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

Verwendete Höhenlinien: Höhenlinien: DGM-200.wpo (4)
Hindernisse in Berechnung nicht verwendet
Rasterauflösung: 10,0 m

Alle Koordinatenangaben in:
UTM (north)-ETRS89 Zone: 32



Maßstab 1:200.000
* Existierende WEA ● Schattenrezeptor

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ		Typ	Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schattendaten	
					Ak-tuell	Hersteller					Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]
1	538.696	5.441.524	461,7	GE WIND EN...	Ja	GE WIND ENERGY	6.0-164-6.000	6.000	164,0	167,0	1.815	9,7
2	539.100	5.441.837	465,0	GE WIND EN...	Ja	GE WIND ENERGY	6.0-164-6.000	6.000	164,0	167,0	1.815	9,7
WEA E1	549.023	5.444.800	503,4	Eichelberg 1, ...	Ja	VESTAS	V126-3.3 GridStream-3.300	3.300	126,0	117,0	1.716	12,8

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]
J	Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	545.267	5.447.728	495,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
K	Waldenburg, Am Eichenhain 5	545.588	5.447.870	491,9	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
S	Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	545.350	5.447.672	495,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
T	Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	545.411	5.447.629	495,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
U	Waldenburg, Burgersee 3. Baureihe (geplant)	545.486	5.447.664	495,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
V	Waldenburg, Burgersee gepl. Erweiterung	545.467	5.447.582	495,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0

Berechnungsergebnisse

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]	
J	Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	0:00	0	0:00	0:00	
K	Waldenburg, Am Eichenhain 5	0:00	0	0:00	0:00	
S	Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	0:00	0	0:00	0:00	
T	Waldenburg, Burgersee 1. Baureihe (geplant)	0:00	0	0:00	0:00	
U	Waldenburg, Burgersee 3. Baureihe (geplant)	0:00	0	0:00	0:00	
V	Waldenburg, Burgersee gepl. Erweiterung	0:00	0	0:00	0:00	

Projekt:

16-1-3045
ABO Wind AG

Beschreibung:

Windpark Öhringen-Karlsfurtebene, im Hohenlohekreis,
Baden-Württemberg

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH
Elisabeth-Consbruch-Straße 3
DE-34131 Kassel

Unter den Eichen 7
65195 Wiesbaden

-
Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com
Berechnet:
16.05.2022 14:30/3.5.576

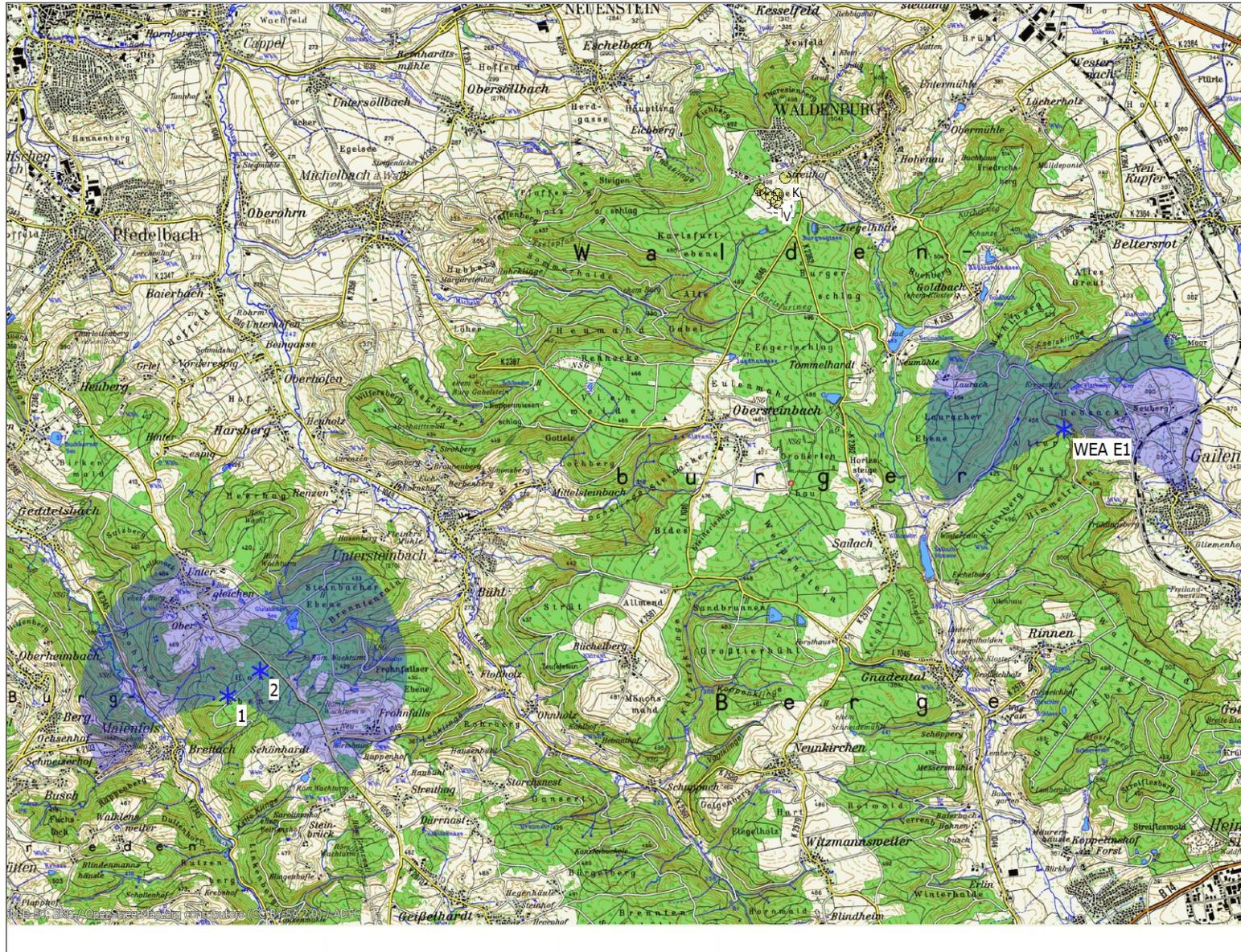
SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Vorbelastung - irrelevant

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

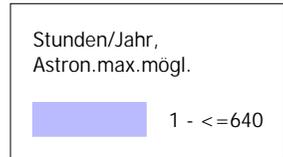
Nr.	Name	Maximal [h/a]	Erwartet [h/a]
1	GE WIND ENERGY 6.0-164 6000 164.0 !O! NH: 167,0 m (Ges:249,0 m) (9)	0:00	0:00
2	GE WIND ENERGY 6.0-164 6000 164.0 !O! NH: 167,0 m (Ges:249,0 m) (10)	0:00	0:00
	WEA E1 Eichelberg 1, V126/33-NH117	0:00	0:00

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.



Projekt:
16-1-3045
ABO Wind AG

Unter den Eichen 7
65195 Wiesbaden
Beschreibung:
Windpark Öhringen-Karlsfurtebene, im
Hohenlohekreis, Baden-Württemberg



SHADOW - Karte
Berechnung:
Vorbelastung - irrelevant

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

Robbin Meisel / robbin.meisel@ramboll.com
Berechnet:
16.05.2022 14:30/3.5.576



Karte: TK50 , Maßstab 1:75.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 543.660 Nord: 5.444.180

* Existierende WEA Schattenrezeptor

Höhe der Schattenkarte: Höhenlinien: DGM-200.wpo (4)

Anhang: Akkreditierung



Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH

Beliehene gemäß § 8 Absatz 1 AkkStelleG i.V.m. § 1 Absatz 1 AkkStelleGBV
 Unterzeichnerin der Multilateralen Abkommen
 von EA, ILAC und IAF zur gegenseitigen Anerkennung

Akkreditierung



Die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH bestätigt hiermit, dass das Prüflaboratorium

Ramboll Deutschland GmbH

mit den Standorten

Elisabeth-Consbruch-Straße 3, 34131 Kassel
Andreaestraße 3, 30159 Hannover

die Kompetenz nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 besitzt, Prüfungen in folgenden Bereichen durchzuführen:

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; 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

Die Akkreditierungsurkunde gilt nur in Verbindung mit dem Bescheid vom 24.01.2022 mit der Akkreditierungsnummer D-PL-21488-01. Sie besteht aus diesem Deckblatt, der Rückseite des Deckblatts und der folgenden Anlage mit insgesamt 3 Seiten.

Registrierungsnummer der Urkunde: **D-PL-21488-01-00**

Berlin, 24.01.2022

Im Auftrag Dr. Heike Manke
 Abteilungsleiterin

Die Urkunde samt Urkundenanlage gibt den Stand zum Zeitpunkt des Ausstellungsdatums wieder. Der jeweils aktuelle Stand des Geltungsbereiches der Akkreditierung ist der Datenbank akkreditierter Stellen der Deutschen Akkreditierungsstelle GmbH (DAkKS) zu entnehmen. <https://www.dakks.de/content/datenbank-akkreditierter-stellen>

Siehe Hinweise auf der Rückseite

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.

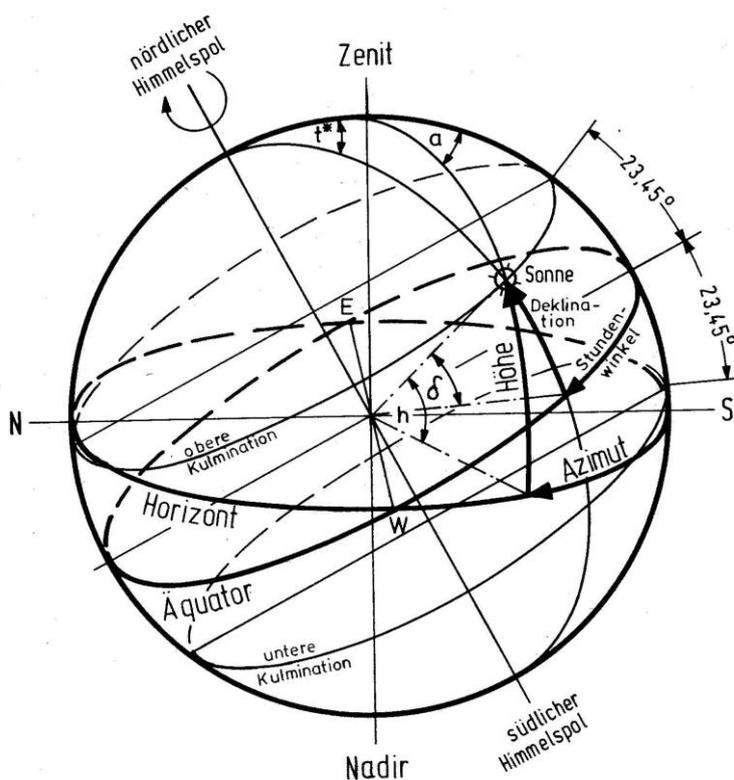


Abbildung 1: Winkelzusammenhänge des Sonnenstands an einem Betrachtungspunkt

Mit diesen Daten werden die Deklination δ , der Stundenwinkel ω , die Sonnenhöhe h , der Azimut γ sowie der Sonnenauf- und -untergang t_a und t_u berechnet. Die Begriffe bedeuten:

- **Deklination δ :** 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°]
- **Sonnenhöhe h :** Einfallswinkel der Sonne gegenüber einer horizontalen Fläche.

- **Stundenwinkel ω :** Winkel zwischen dem Sonnenhöchststand und der aktuellen Sonneneinstrahlung.
- **Azimet γ :** 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.

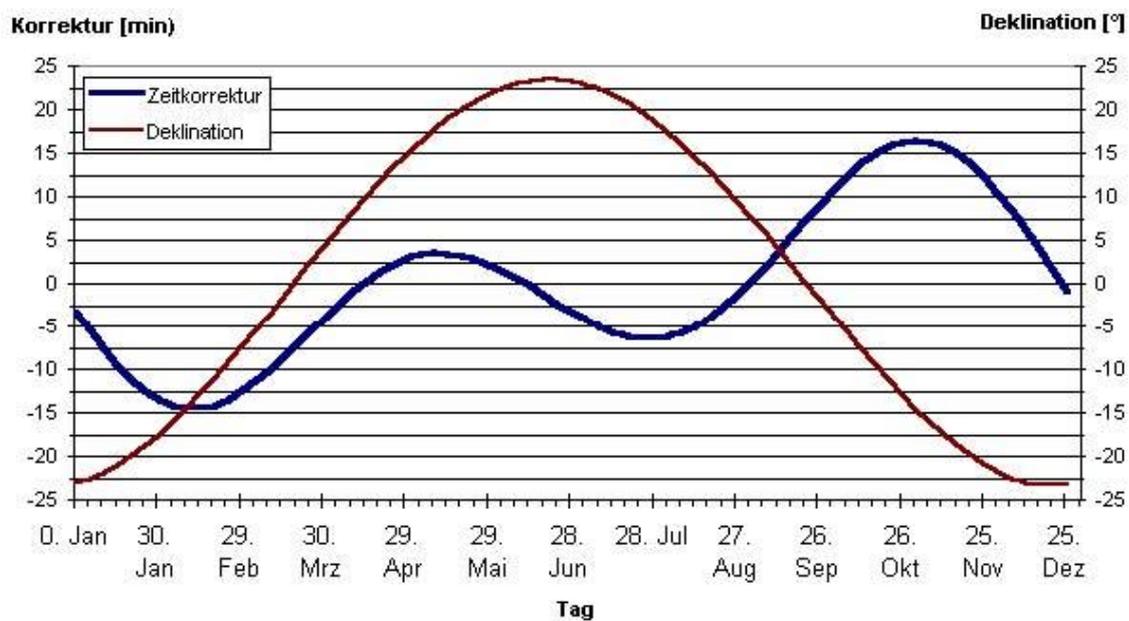


Abbildung 2: Zeitkorrektur und Deklination über ein Jahr

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 Blatattiefe 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.

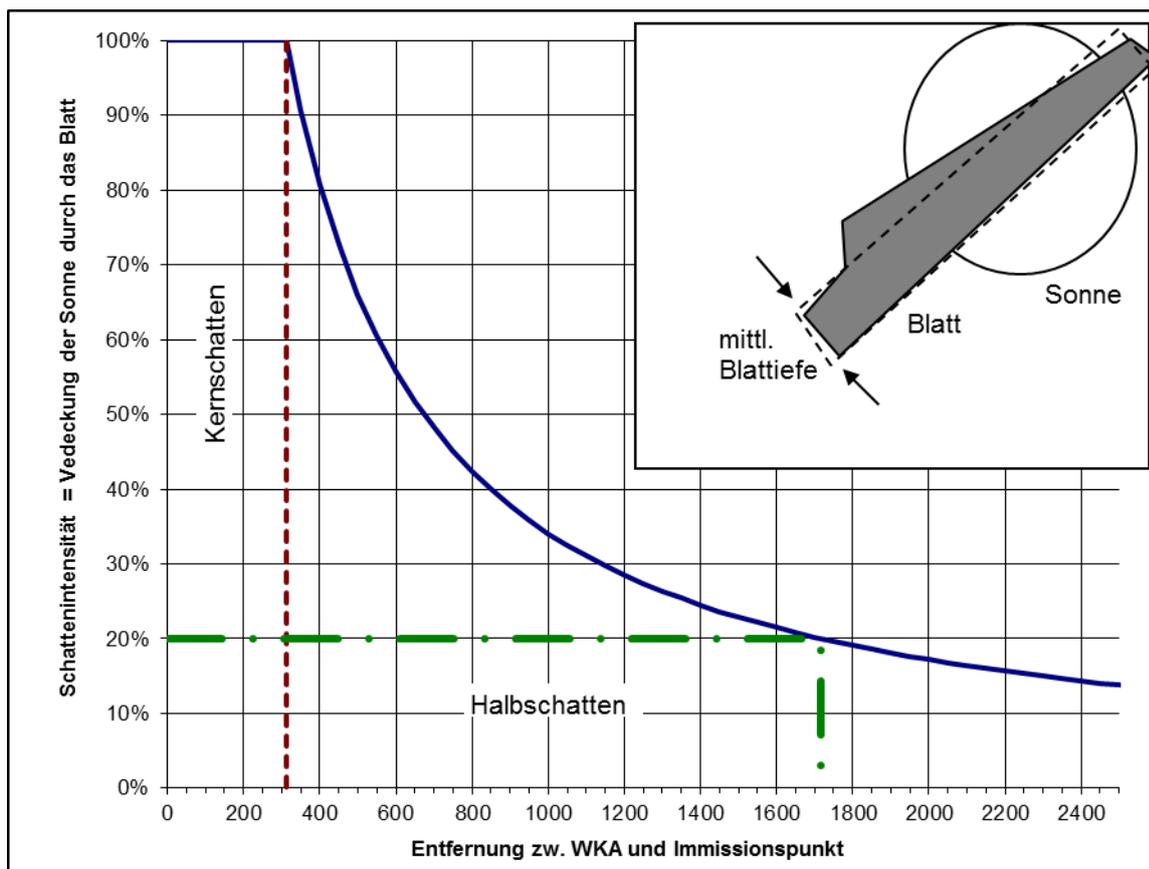


Abbildung 3: Schattenintensität in Abhängigkeit von Rotorblattiefe und Entfernung

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)

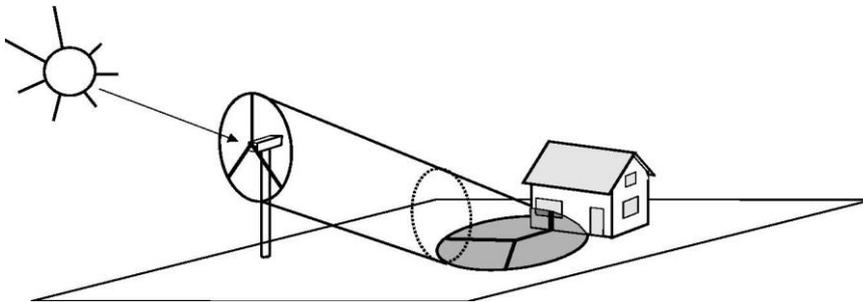


Abbildung 4: Schattenwurf des Rotors

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° 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.

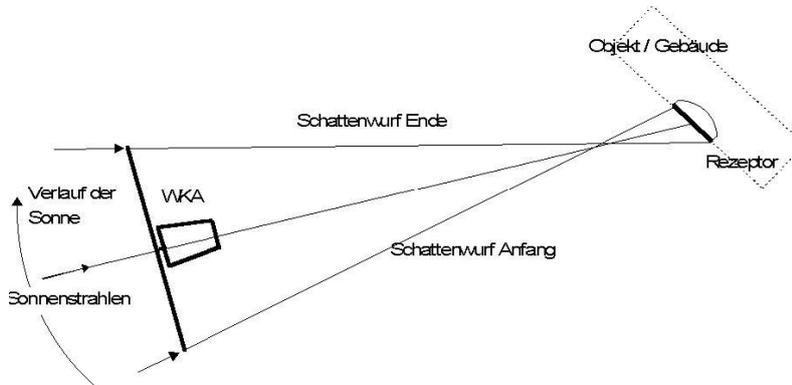


Abbildung 5: Schattenbeziehung WEA – Gebäude (Draufsicht)

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° 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: $0,1 \times 0,1 \text{ m}$) 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.