

Schattenwurfanalyse

über den Einfluss bestehender Windenergieanlagen
auf ein geplantes Baugebiet

für den Standort
Salzkotten-Scharmede

Auftraggeber

Stadt Salzkotten – Fachbereich IV Stadtentwicklung
Marktstraße 4, 33154 Salzkotten

Auftragnehmer

Lackmann Phymetric GmbH
Vattmannstr. 3
33100 Paderborn

Berichtnr.: LaPh-2025-02

Datum: 14.01.2025

Ergebnisüberblick

Der Auftraggeber plant in der Stadt Salzkotten im Stadtteil Scharmede ein Baugebiet auszuweisen. Im näheren Umfeld befinden sich 12 Windenergieanlagen in Betrieb, im Bau oder in Planung, welche im geplanten Baugebiet prinzipiell Schattenwurf verursachen könnten.

In der vorliegenden Betrachtung wurde überprüft, inwieweit die existierenden oder genehmigten Windenergieanlagen auf das Gebiet einwirken und ob unter Berücksichtigung der bestehenden Betriebsbeschränkungen zusätzlicher Schattenwurf auftreten kann.

Um eine erhebliche Belästigung durch Schattenwurf auf umliegende Immissionsorte zu vermeiden, wird in der vorliegenden Schattenwurfprognose der potenzielle Schattenwurf der bestehenden und geplanten WEA untersucht. Die Berechnung wird mittels der EMD-Software WindPro durchgeführt, die auf Grundlage des Sonnenstands im Tages- und Jahresverlauf den Gang des Schattens des WEA-Rotors simuliert. Dabei wird als worst-case Methode die astronomisch maximal mögliche Schattenwurfdauer berechnet. Als Richtwert wird gemäß [2] eine maximale Beschattungsdauer von 30 Stunden pro Jahr sowie 30 Minuten am Tag angenommen.

Als Immissionsort wurde das geplante Baugebiet vom Auftraggeber vorgegeben. Darüber hinaus werden bereits bestehende Immissionsorte in der Nähe zum Abgleich der bestehenden Betriebsbeschränkungen verwendet. Als Vorbelastung werden die WEA in der Umgebung des Baugebiets in den Berechnungen berücksichtigt.

Von den 12 betrachteten Windenergieanlagen kommt es durch 6 Anlagen prinzipiell zu Schattenwurf auf dem betrachteten Gebiet. Dabei verursachen die WEA02, WEA04, WEA05 und WEA06 Schattenwurf zu Zeiten, an denen noch keine Betriebsbeschränkungen aufgrund der umliegenden Immissionsorte vorliegen.

Im Südosten des geplanten Baugebiet kommt es dabei zu Richtwertüberschreitungen, sodass hier weitere Betriebsbeschränkungen erforderlich sind, um Richtwertüberschreitungen zu vermeiden.

Als Ergebnis der Schattenwurfprognose ist festzuhalten, dass bei WEA02, WEA04, WEA05 und WEA06 zusätzliche Betriebsbeschränkungen erforderlich sind, um Richtwertüberschreitungen in dem geplanten Baugebiet zu vermeiden.

Paderborn, den 14.01.2025



Dr.-Ing. Jan Lackmann



Tido Hagen, M. Sc.

Inhaltsverzeichnis

Ergebnisüberblick	2
Inhaltsverzeichnis	3
Aufgabenbeschreibung	4
Projektübersicht	5
Grundlagen zum Nachweis von Schattenwurf	8
Eingangsparameter der Berechnung	9
Berechnungsergebnisse	10
<i>Detailergebnis Abgleich Bestehende Immissionsorte</i>	<i>11</i>
<i>Detailergebnis Überschreitungen</i>	<i>12</i>
<i>Detailergebnis nicht einwirkende Anlagen</i>	<i>13</i>
Abschlussbetrachtung	14
Literaturverzeichnis	15
Anhang: Schattenwurfskalender WEA02, WEA04, WEA05, WEA06	16

Aufgabenbeschreibung

Der Auftraggeber plant in der Stadt Salzkotten im Stadtteil Scharmede ein Baugebiet auszuweisen. Im näheren Umfeld befinden sich 12 Windenergieanlagen in Betrieb, im Bau oder in Planung, welche im geplanten Baugebiet prinzipiell Schattenwurf verursachen könnten.

In der vorliegenden Betrachtung wird überprüft, inwieweit die existierenden oder genehmigten Windenergieanlagen auf das Gebiet einwirken und ob unter Berücksichtigung der bestehenden Betriebsbeschränkungen zusätzlicher Schattenwurf auftreten kann.

Bei dem Betrieb von Windenergieanlagen kann bei ausreichendem Sonnenschein durch den betriebsbedingt bewegten Rotor periodischer Schattenwurf entstehen, der im Sinne des BImSchG als Immission einzuordnen ist. [1] Lichtdurchlässige Bereiche von Wohnhäusern wie Wohn-, Schlaf- oder Büroräumen sowie an Gebäuden beginnende Außenflächen wie Terrassen oder Balkone können durch potenziellen periodischen Schattenwurf betroffen sein und gelten in diesem Bezug als schutzwürdige Räume. [2]

Periodischer Schattenwurf bei WEA tritt nur unter bestimmten Wetterbedingungen auf und ist damit abhängig von Sonnenstand, Sonneneinstrahlung sowie Windgeschwindigkeit. Des Weiteren sind Tages- und Nachtzeit, WEA-Ausrichtung und WEA- und Rezeptor-Standort entscheidende Faktoren.

Periodischer Schattenwurf kann bei Menschen das Wohlbefinden innerhalb der schutzwürdigen Räume beeinflussen. Um eine erhebliche Belästigung durch Schattenwurf auf umliegende Immissionsorte zu vermeiden, wird im Folgenden der potenzielle Schattenwurf der antragsgegenständlichen WEA untersucht. Die Berechnung wird mittels der EMD-Software WindPro durchgeführt, die auf Grundlage des Sonnenstands im Tages- und Jahresverlauf den Gang des Schattens des WEA-Rotors simuliert.

Auf Grundlage der Berechnungen wird die Einhaltung der Richtwerte von max. 30 min/Tag und 30 h/Jahr der astronomisch maximal möglichen Beschattungsdauer überprüft und daran bewertet, ob weitere Betriebsbeschränkungen für die bestehenden Anlagen notwendig sind.

Als Immissionsort wurde das geplante Baugebiet vom Auftraggeber vorgegeben. Darüber hinaus werden bereits bestehende Immissionsorte in der Nähe zum Abgleich der bestehenden Betriebsbeschränkungen verwendet. Als Vorbelastung werden die WEA in der Umgebung des Baugebiets in den Berechnungen berücksichtigt.

Eine detaillierte Projektübersicht sowie die Berechnungsergebnisse des zu erwartenden Schattenwurfs sind im Folgenden dargestellt.

Projektübersicht

Der Standort des geplanten Baugebietes ist in Abbildung 1 dargestellt.

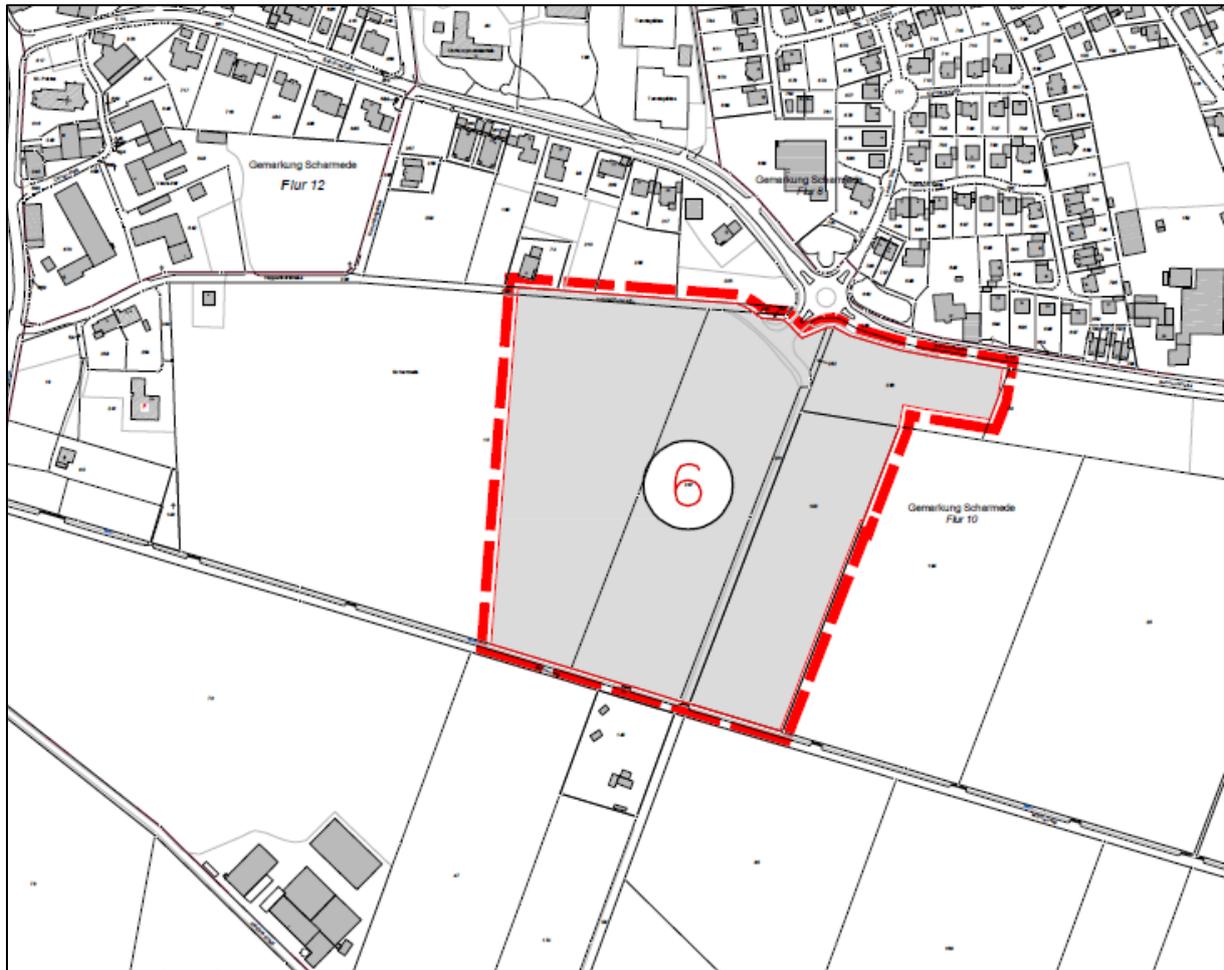


Abbildung 1: Baugebiet Salzkotten Scharmede SH6 „Am Knüekl“

Als **Vorbelastung** werden die folgenden WEA berücksichtigt. Die Daten der Vorbelastung wurden von der Genehmigungsbehörde des Kreis Paderborn zur Verfügung gestellt.

WEA	Anlagentyp	Ost	Nord	Z [m]	NH [m]
WEA01	Enercon E-115-3.000	476.311	5.729.153	117,5	135,4
WEA02	Enercon E-141 EP4-4.200	476.159	5.728.389	116,8	159
WEA03	Vestas V172-7.2-7.200	475.896	5.728.061	116,9	175
WEA04	Enercon E-82 E2 TES-2.300	475.666	5.727.792	117,4	138,4
WEA05	Enercon E-138 EP3 E3-4.260	475.890	5.727.639	117,7	160
WEA06	Enercon E-115-3.000	476.314	5.727.630	117,4	149
WEA07	Enercon E-115-3.000	476.714	5.727.515	117,7	149
WEA08	Enercon E-138 EP3 E2-4.200	476.108	5.727.374	113,0	160
WEA09	Enercon E-115-3.000	475.693	5.727.311	112,0	149
WEA10	Enercon E-138 EP3-3.500	475.921	5.727.118	114,0	130
WEA11	Enercon E-115-3.000	475.531	5.726.891	115,0	149

WEA	Anlagentyp	Ost	Nord	Z [m]	NH [m]
WEA12	Nordex N163/6.X-6.800	475.597	5.726.558	114,7	164

Als **Immissionsorte** werden neben dem geplanten Baugebiet die Schattenrezeptoren in der folgenden Tabelle berücksichtigt. Jeder Rezeptor wird mit den Maßen (Breite 0,1m x Höhe 0,1m x Höhe über Grund 2m) sowie einer Fensterneigung von 0° im Gewächshausmodus gemäß [2] angenommen. Das geplante Baugebiet, sowie ein Teil der Ortschaft Scharmede werden als Flächenimmissionsort mit identischen Einstellungen verwendet.

In Abbildung 2 ist der gesamte Projektinhalt in einer Übersicht dargestellt.

Immissionsort	Beschreibung	Ost	Nord	Z [m]
IP01	Rehhagen 4, 33154 Salzkotten	475.967	5.729.606	113,8
IP02	Delbrücker Weg 3, 33154 Salzkotten	475.619	5.729.343	117,4
IP03	Zeisigweg 1, 33154 Salzkotten	475.548	5.729.251	116,2
IP04	Temburs Kamp 23, 33154 Salzkotten	475.055	5.729.109	110,7
IP05	Bahnhofstr. 27, 33154 Salzkotten	474.972	5.729.107	109,9
IP06	Stadtweg 1, 33154 Salzkotten	475.731	5.729.055	112,6
IP07	Ostenwende 1, 33154 Salzkotten	475.311	5.728.997	108,7
IP08	Widey 28, 33154 Salzkotten	475.511	5.728.597	110,5
IP09	Widey 16, 33154 Salzkotten	475.163	5.728.014	109,2
FIP	Baugebiet Am Knükel			
FIP	Wohnbebauung Scharmede			

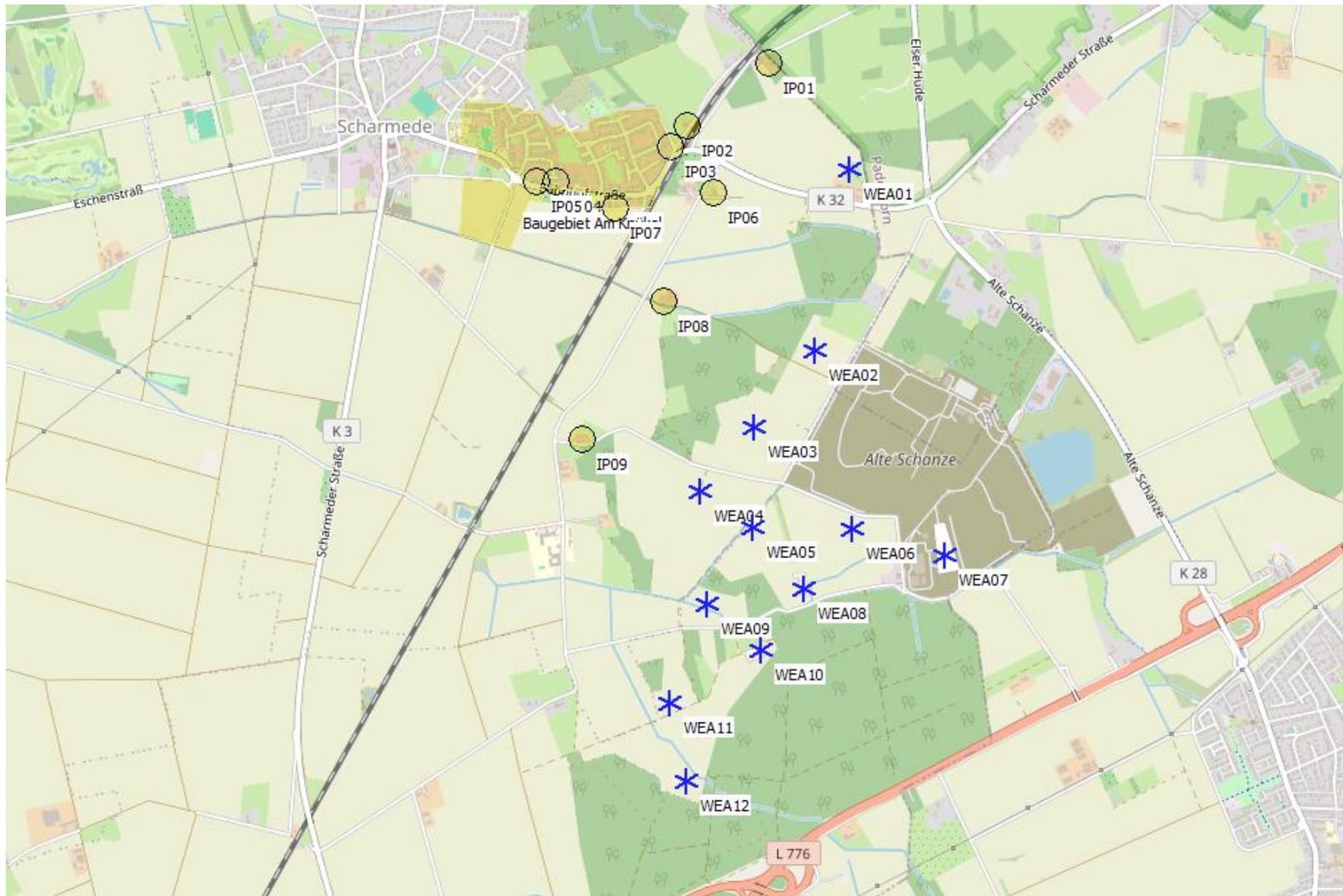


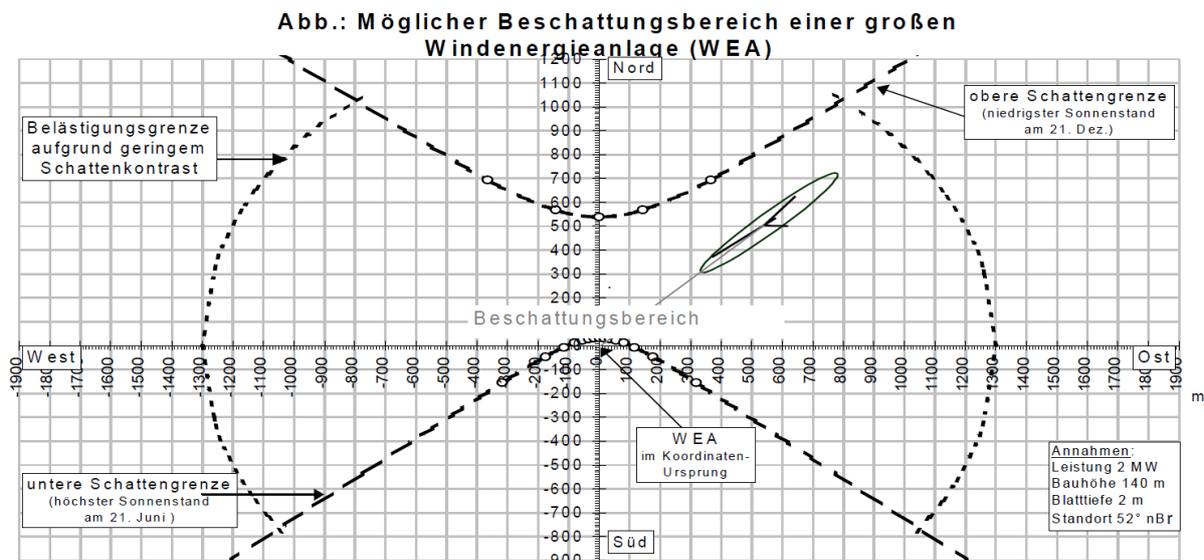
Abbildung 2 Projektübersicht (WEA in blau, Immissionsorte in gelb)

Grundlagen zum Nachweis von Schattenwurf

Wenn eine Windkraftanlage den Flächenwinkel zwischen einem Objekt und der Sonne kreuzt, wirkt sich das als Schattenwurf auf das Objekt oder einen Betrachter aus. Dabei ist zwischen dem Schattenwurf, der von dem Turm der WEA, und dem, der vom bewegten Rotor ausgeht, zu unterscheiden. Der Schattenwurf des Turms oder der WEA bei Stillstand ist gleichzusetzen mit dem Schattenwurf von jedem anderen nicht bewegten Objekt, von dem kein besonderer Effekt ausgeht. Von dem periodischen Schlagschatten des bewegten Rotors bei Betrieb der WEA ist hingegen von einer Belästigung an den betroffenen Immissionsorten auszugehen. Dieser periodische Schlagschatten wird in der vorliegenden Schattenwurfprognose untersucht. [2]

Periodischer Schlagschatten lässt sich in Kernschatten und Halbschatten unterteilen. Beim Kernschatten wird die Sonne durch das Rotorblatt aus Sicht des Immissionsortes vollständig verdeckt, bei Halbschatten hingegen nur teilweise. Eine Unterscheidung zwischen Kern- und Halbschatten ist für die Schattenwurfprognose nicht von Bedeutung. [2]

Der mögliche Beschattungsbereich einer WEA weist gewöhnlich die Schattengrenzen auf, die in der folgenden Abbildung dargestellt sind. [2] Im Osten und Westen der Anlage fallen die Schattengrenzen aufgrund des Sonnenstands deutlich weiter als im Norden der Anlage aus. Im Süden WEA ist über das Jahr hinweg kein Schattenwurf zu verzeichnen.



Die Untersuchung und Bewertung von periodischem Schattenwurf von WEA erfolgt gemäß den Hinweisen zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise) des Länderausschusses für Immissionsschutz (2002). Die Hinweise sind bundesweit in Genehmigungsverfahren von Windenergieanlagen bindend. Gemäß den Hinweisen sind folgende Richtwerte bei periodischem Schattenwurf von WEA einzuhalten:

- Schattenwurf von max. 30 Stunden pro Jahr und 30 Minuten am Tag
- Schattenwurf bei Sonnenständen unter 3° nicht zu berücksichtigen
- Einwirkungsbereich des Schattens endet bei 20% Verdeckungsgrad

Eingangsparameter der Berechnung

Die Berechnungen der vorliegenden Schattenwurfprognose wurden mittels WindPro und der Berechnungsmethode „Shadow“ durchgeführt. Die Rezeptoren (Immissionsorte) wurden als Terrasse von 0,1 m Breite, 0,1 m Höhe und 2 m Abstand vom Boden modelliert. Der Schattenrezeptor wird im „Gewächshausmodus“ waagrecht angeordnet, wodurch gewährleistet wird, dass der Schattenwurf jeder WEA im Umfeld berücksichtigt wird.

Der Sonnenstand bildet die Grundlage für die Berechnung des Schattenwurfes. Der Sonnenstand ist von der Erdrotation, der elliptischen Umlaufbahn der Erde um die Sonne und der Neigung der Erdoberfläche während der unterschiedlichen Jahreszeiten abhängig. Es wird der Schattenverlauf des Rotors jeder betrachteten Windkraftanlage über den Zeitraum eines Jahres in 1-Minuten-Schritten unter Berücksichtigung des Sonnenverlaufs berechnet. Die betrachteten Objekte werden nach ihrer Lage in der Schattenellipse des Rotors beurteilt. [3]

Die Berechnung beruht dabei auf folgenden Daten und Zusammenhängen [3]:

- Positionen der Windkraftanlagen mit X, Y, und Z - Koordinaten
- Nabenhöhe und Rotordurchmesser der Windkraftanlage
- Position des Immissionspunktes, Koordinaten, seine Größe, Ausrichtung, Neigung und Höhe über Grund
- Geographische Koordinaten der Standorte mit Bezug zur Zeitzone und Zeitverschiebung während der Sommerzeit
- Mathematisches Modell zur Berechnung des genauen Sonnenverlaufes unter Berücksichtigung der Zeitkorrektur durch die elliptische Form der Erdkreisbahn um die Sonne
- Daten über mittlere Rotorblatttiefe der WEA, welche über die Reichweite des Schattenwurfs einer WEA entscheidet

Es wird ein Verdeckungskriterium von 20 % zur Ermittlung der Schattenreichweite angesetzt. Hierbei wird mit den Blattdaten des Herstellers ermittelt, wann die Sonnenscheibe zu 20 % verdeckt ist. Erst dann kann von wahrnehmbarem Schattenwurf ausgegangen werden. Wenn keine Blattdaten des Herstellers in WindPro hinterlegt sind, wird ein maximaler Beschattungsbereich von 2.500 m angenommen. [2, 3]

In den Berechnungen wird die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer betrachtet. Dies stellt die worst-case Methode dar, indem die Beschattungsdauer berechnet wird, bei der die Sonne theoretisch während der gesamten Zeit zwischen Sonnenaufgang und -untergang durchgehend bei wolkenlosem Himmel scheint, die Rotorfläche senkrecht zur Sonneneinstrahlung steht und die WEA in Betrieb ist. [3]

Über eine vereinfachte Sichtbarkeitsanalyse wird unter Berücksichtigung der Orographie (hinterlegtes Höhenmodell: NRW DGM 5 m) mittels WindPro bestimmt, inwiefern eine Sichtbeziehung zwischen der WEA und dem Immissionsort besteht. Sobald eine Sichtbeziehung mindestens zur oberen Spitze des WEA-Blattes besteht, wird der Rezeptor in vollem Umfang in den Berechnungen berücksichtigt. [3]

In den Berechnungsergebnissen werden Flächen mit gleicher Schattendauer um die Windkraftanlagen dargestellt.

Berechnungsergebnisse

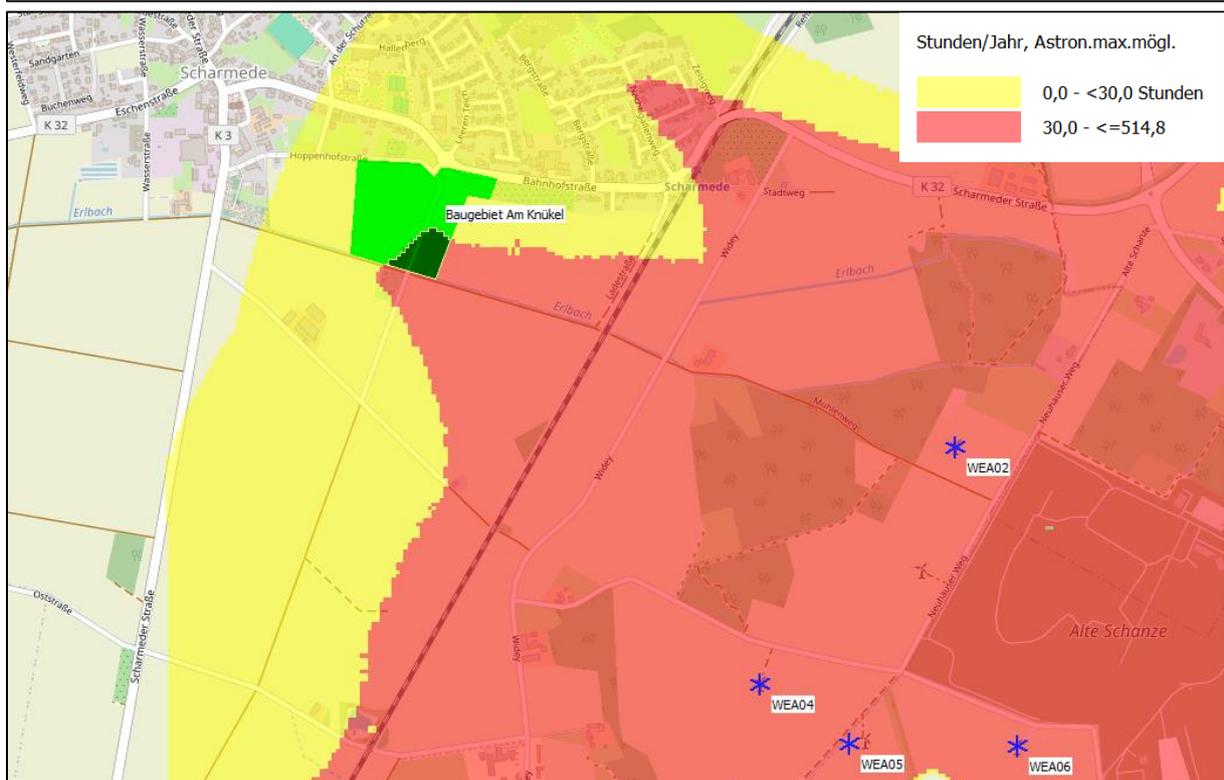
Der auf dem geplanten Baugebiet zusätzlich auftretende Schattenwurf wurde wie folgt ermittelt. In einer ersten Berechnung wurde geprüft, welche der existierenden Anlagen auf der Fläche des geplanten Baugebiets grundsätzlich Schattenwurf verursachen. Daraufhin wurden die, Aufgrund der bereits vorhandenen Wohnbebauung auftretenden Überschreitungen mit den Schattenwurfzeiten auf der Fläche des geplanten Baugebiets abgeglichen. Daraus ergeben sich, nach Berücksichtigung der bereits bestehenden Betriebsbeschränkungen, die Anlagen, welche zusätzlichen Schattenwurf verursachen. Mit den so ermittelten Anlagen wurde die Schattenwurfbelastung im geplanten Baugebiet berechnet.

Von den 12 betrachteten Windenergieanlagen kommt es durch 6 Anlagen prinzipiell zu Schattenwurf auf dem betrachteten Gebiet. Dabei verursachen die WEA02, WEA04, WEA05 und WEA06 Schattenwurf zu Zeiten, an denen noch keine Betriebsbeschränkungen aufgrund der umliegenden Immissionsorte vorliegen. Durch diese Anlagen kommt es zu den nachfolgend aufgeführten Schattenwurfzeiten (worst case) mit den abgebildeten Richtwertüberschreitungen im Südosten des geplanten Gebietes.

Schattenrezeptor		astron. max. mögl. Beschattungsdauer		
Nr.	Name	Stunden/Jahr [h/a]	Schattentage/Jahr [d/a]	Max.Schattendauer/Tag [h/d]
A	Baugebiet Am Knükel Überschreitung	76:45	132	0:50

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA		
Nr.	Name	Maximal [h/a]
1	WEA02	20:16
2	WEA04	26:01
3	WEA05	38:45
4	WEA06	15:12

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.



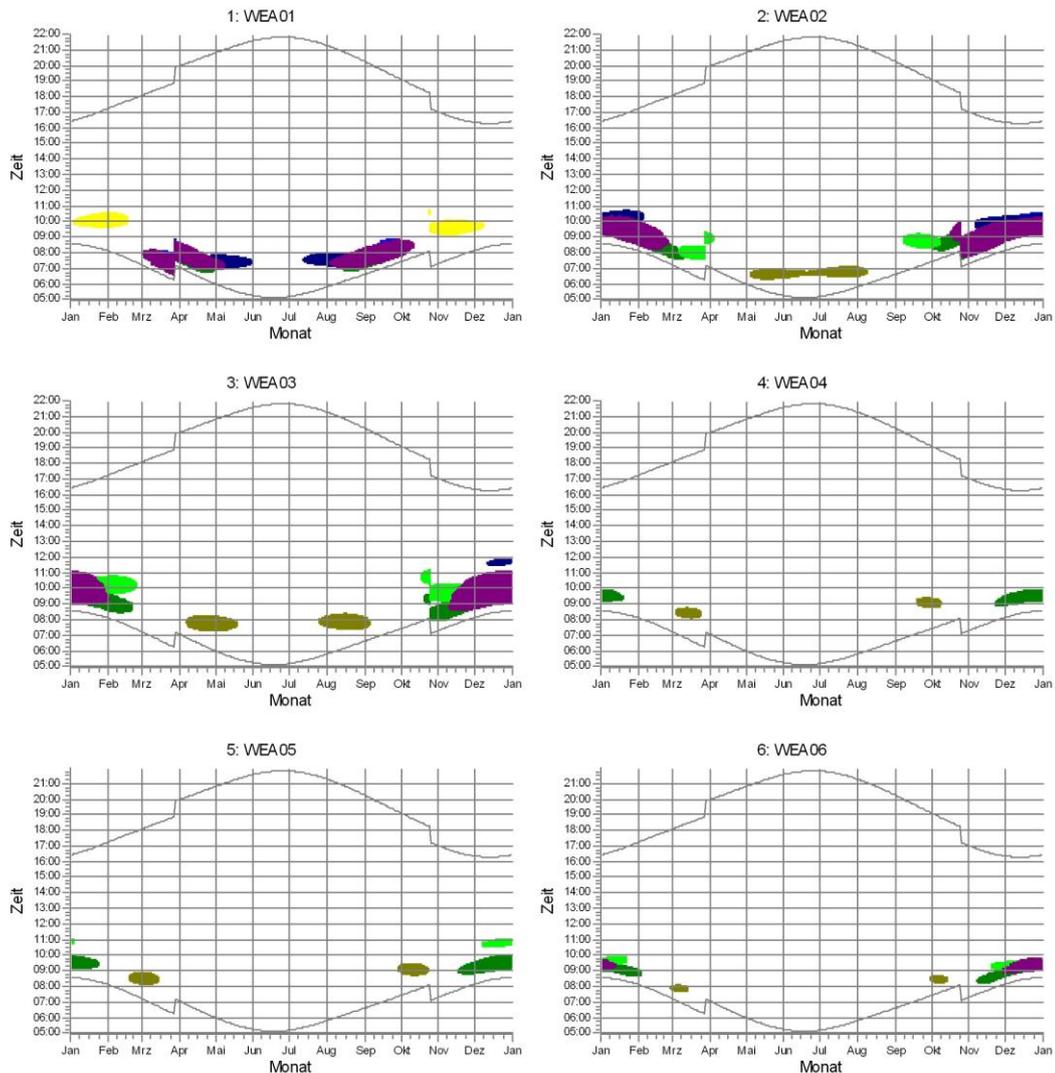
Detailergebnis Abgleich Bestehende Immissionsorte

Projekt:
Schattengutachten_Salzotten

Lizenzierter Anwender:
Lackmann Phymetric GmbH
Vattmannstraße 6
DE-33100 Paderborn
+49 05251-68 25 80
Tido Hagen / tido.hagen@phymetric.de
Berechnet:
13.01.2025 16:49/4.1.254

SHADOW - Grafischer Kalender pro WEA

Berechnung: Prüfbericht Schattenwurf Baugebiet Knükel Bestand



Schattenrezeptoren

	A: Baugebiet Am Knükel		E: IP04		I: IP08
	B: IP01		F: IP05		J: IP09
	C: IP02		G: IP06		K: FIP Scharmede
	D: IP03		H: IP07		

Detailergebnis Überschreitungen

Projekt:
Schattengutachten_Salzotten

Lizenzierter Anwender:
Lackmann Phymetric GmbH
Vattmannstraße 6
DE-33100 Paderborn
+49 05251-68 25 80
Tido Hagen / tido.hagen@phymetric.de
Berechnet:
14.01.2025 09:26/4.1.254

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Prüfbericht Schattenwurf Baugebiet Knükel Überschreitungen

Annahmen für Schattenwurfberechnung

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

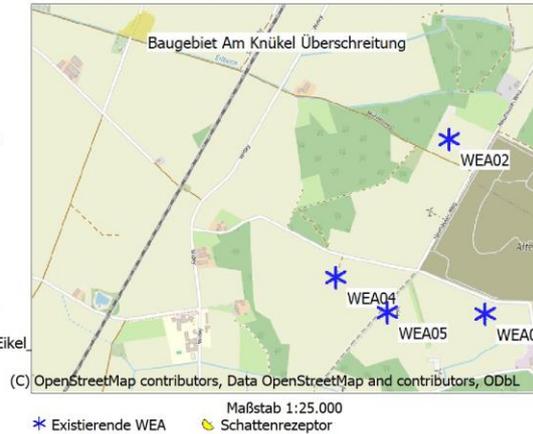
Minimale relevante Sonnenhöhe über Horizont 3 °
Tage zwischen Berechnungen 1 Tag(e)
Berechnungszeitsprung 1 Minuten

Die dargestellten Zeiten sind die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer, berechnet unter folgenden Annahmen:
Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang
Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinstrahlung
Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

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

DHM: Höhenraster-Objekt: 20230306_Schall_Schatten_Salzotten_AVE_Eikel
Rasterauflösung: 1,0 m

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



WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nenn-leistung	Rotordurchmesser	NH	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]								[m]	[U/min]
1	476.159	5.728.389	116,8	WEA02	Nein	ENERCON	E-141 EP4-4.200	4.200	141,0	159,0	1.833	11,0
2	475.666	5.727.792	117,4	WEA04	Ja	ENERCON	E-82 E2 TES-2.300	2.300	82,0	138,4	1.599	18,0
3	475.890	5.727.639	117,7	WEA05	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E3-4.260	4.260	138,3	160,0	1.686	11,1
4	476.314	5.727.630	117,4	WEA06	Nein	ENERCON	E-115-3.000	3.000	115,7	149,0	2.066	12,4

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Höhe	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
				[m]	[m]	[m]
A	Baugebiet Am Knükel Überschreitung	474.807	5.728.909	106,7	# 1,0	1,0

#) Siehe Details in: Detaillierte Annahmen

Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer		
		Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr	Max.Schattendauer/Tag
		[h/a]	[d/a]	[h/d]
A	Baugebiet Am Knükel Überschreitung	76:45	132	0:50

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal
		[h/a]
1	WEA02	20:16
2	WEA04	26:01
3	WEA05	38:45
4	WEA06	15:12

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.

Detailergebnis nicht einwirkende Anlagen

Projekt:

Schattengutachten_Salzotten

Lizenzierter Anwender:

Lackmann Phymetric GmbH

Vattmannstraße 6

DE-33100 Paderborn

+49 05251-68 25 80

Tido Hagen / tido.hagen@phymetric.de

Berechnet:

13.01.2025 07:36/4.1.254

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Prüfbericht Schattenwurf Einwirkungsbereich

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

Nr.	Name	Maximal [h/a]
7	WEA07	0:00
8	WEA08	0:00
9	WEA09	0:00
10	WEA10	0:00
11	WEA11	0:00
12	WEA12	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.

Abschlussbetrachtung

Von den 12 betrachteten Windenergieanlagen kommt es durch 6 Anlagen prinzipiell zu Schattenwurf auf dem betrachteten Gebiet. Dabei verursachen die WEA02, WEA04, WEA05 und WEA6 Schattenwurf zu Zeiten, an denen noch keine Betriebsbeschränkungen aufgrund der umliegenden Immissionsorte vorliegen.

Im Südosten des geplanten Baugebiet kommt es dabei zu Richtwertüberschreitungen, sodass bei den oben aufgeführten WEA weitere Betriebsbeschränkungen erforderlich sind, um Richtwertüberschreitungen zu vermeiden.

Als Ergebnis der Schattenwurfprognose ist festzuhalten, dass bei WEA02, WEA04, WEA05 und WEA06 zusätzliche Betriebsbeschränkungen erforderlich sind, um Richtwertüberschreitungen in dem geplanten Baugebiet zu vermeiden.

Literaturverzeichnis

- [1] BImSchG Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG)

- [2] Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise)
Länderausschuss für Immissionsschutz, Arbeitskreis Lichtimmissionen
2002

- [3] windPRO Wiki, EMD International A/S,
http://help.emd.dk/mediawiki/index.php?title=Handbuch_SHADOW,
Letzter Zugriff am 11.12.2019

Anhang: Schattenwurfkalender WEA02, WEA04, WEA05, WEA06

Projekt:
Schattengutachten_Salzotten

Lizenzierter Anwender:
Lackmann Phymetric GmbH
Vattmannstraße 6
DE-33100 Paderborn
+49 05251-68 25 80
Tido Hagen / tido.hagen@phymetric.de
Berechnet:
14.01.2025 09:26/4.1.254

SHADOW - Kalender pro WEA

Berechnung: Prüfbericht Schattenwurf Baugebiet Knükel Überschreitungen **WEA:** 1 - WEA02

Annahmen für Schattenwurfberechnung

- Die dargestellten Zeiten sind die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer, berechnet unter folgenden Annahmen:
- Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang
- Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinstrahlungsrichtung
- Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
1	08:33 16:26	08:06 17:13	07:13 18:04	07:03 19:58	05:59 20:48	05:14 21:34	05:11 21:48	05:11 21:16	05:47 20:15	06:37 19:06	07:18 17:00	08:09 16:20
2	08:33 16:27	08:05 17:15	07:11 18:06	07:01 20:00	05:57 20:50	05:13 21:35	05:12 21:47	05:49 21:15	06:38 20:12	07:27 19:03	08:20 16:58	08:10 16:19
3	08:33 16:28	08:03 17:17	07:09 18:08	07:09 20:01	05:59 20:52	05:12 21:36	05:13 21:47	05:50 21:13	06:40 20:10	07:28 19:01	08:16 16:56	08:12 16:19
4	08:32 16:29	08:02 17:19	07:07 18:10	07:07 20:03	05:56 20:53	05:12 21:37	05:13 21:47	05:52 21:11	06:41 20:08	07:30 18:59	08:17 16:55	08:13 16:18
5	08:32 16:30	08:00 17:21	07:05 18:12	07:05 20:05	05:51 20:55	05:11 21:38	05:14 21:46	05:53 21:09	06:43 20:06	07:32 18:57	08:16 16:53	08:14 16:18
6	08:32 16:32	07:58 17:22	07:02 18:13	07:02 20:06	05:50 20:57	05:10 21:39	05:15 21:46	05:55 21:08	06:45 20:03	07:33 18:54	08:15 16:51	08:45 16:17
7	08:31 16:33	07:57 17:24	07:00 18:15	07:00 20:08	05:50 20:58	05:10 21:40	05:16 21:45	05:57 21:06	06:46 20:01	07:35 18:52	08:14 16:49	08:46 16:17
8	08:31 16:34	07:55 17:26	06:58 18:17	06:47 20:10	05:46 21:00	05:09 21:41	05:17 21:44	05:58 21:04	06:48 19:59	07:37 18:50	08:14 16:48	08:48 16:17
9	08:31 16:35	07:53 17:28	06:56 18:19	06:45 20:11	05:44 21:01	05:09 21:42	05:18 21:44	06:00 21:02	06:49 19:57	07:38 18:48	08:14 16:46	08:49 16:16
10	08:30 16:37	07:51 17:30	06:54 18:20	06:43 20:13	05:43 21:03	05:08 21:42	05:19 21:43	06:01 21:00	06:51 19:54	07:40 18:45	08:14 16:45	08:51 16:16
11	08:29 16:38	07:50 17:32	06:51 18:22	06:41 20:15	05:41 21:05	05:08 21:43	05:20 21:42	06:03 20:58	06:53 19:52	07:42 18:43	08:14 16:43	08:51 16:16
12	08:29 16:40	07:48 17:34	06:49 18:24	06:38 20:17	05:39 21:06	05:08 21:44	05:21 21:41	06:04 20:57	06:54 19:50	07:43 18:41	08:15 16:41	08:23 16:16
13	08:28 16:41	07:46 17:35	06:47 18:26	06:36 20:18	05:38 21:08	05:07 21:44	05:22 21:41	06:06 20:55	06:56 19:47	07:45 18:39	08:16 16:40	08:24 16:16
14	08:27 16:43	07:44 17:37	06:44 18:27	06:34 20:20	05:36 21:09	05:07 21:45	05:23 21:40	06:08 20:53	06:57 19:45	07:47 18:36	08:18 16:38	08:53 16:16
15	08:27 16:44	07:42 17:39	06:42 18:29	06:32 20:22	05:35 21:11	05:07 21:46	05:24 21:39	06:09 20:51	06:59 19:43	07:49 18:34	08:19 16:37	08:52 16:16
16	08:26 16:46	07:40 17:41	06:40 18:31	06:30 20:23	05:33 21:12	05:07 21:46	05:25 21:38	06:11 20:49	07:01 19:40	07:50 18:41	08:21 16:36	08:52 16:16
17	08:25 16:47	07:38 17:43	06:38 18:32	06:28 20:25	05:32 21:14	05:07 21:47	05:27 21:37	06:12 20:47	07:02 19:38	07:52 18:30	08:23 16:34	08:27 16:16
18	08:24 16:49	07:36 17:45	06:35 18:34	06:25 20:27	05:30 21:15	05:07 21:47	05:28 21:36	06:14 20:45	07:04 19:36	07:54 18:28	08:26 16:33	08:28 16:16
19	08:23 16:51	07:34 17:46	06:33 18:36	06:23 20:28	05:29 21:17	05:07 21:47	05:29 21:34	06:16 20:43	07:06 19:33	07:55 18:26	08:28 16:32	08:29 16:17
20	08:22 16:52	07:32 17:48	06:32 18:38	06:21 20:30	05:27 21:18	05:07 21:48	05:30 21:33	06:17 20:41	07:07 19:31	07:57 18:24	08:29 16:31	08:29 16:17
21	08:21 16:54	07:30 17:50	06:30 18:39	06:19 20:32	05:26 21:20	05:07 21:48	05:32 21:32	06:19 20:38	07:09 19:29	07:59 18:22	08:31 16:29	08:47 16:17
22	08:20 16:56	07:28 17:52	06:28 18:41	06:17 20:33	05:25 21:21	05:07 21:48	05:33 21:31	06:20 20:36	07:10 19:26	08:01 18:20	08:34 16:28	08:44 16:16
23	08:19 16:57	07:26 17:54	06:24 18:43	06:15 20:35	05:24 21:22	05:08 21:48	05:34 21:29	06:22 20:34	07:12 19:24	08:02 18:17	08:21 16:27	08:31 16:18
24	08:17 16:59	07:24 17:55	06:22 18:44	06:13 20:37	05:22 21:24	05:08 21:48	05:36 21:28	06:24 20:32	07:14 19:22	08:04 18:15	08:20 16:26	08:31 16:19
25	08:16 17:01	07:22 17:57	06:19 18:46	06:11 20:38	05:21 21:25	05:08 21:48	05:37 21:27	06:25 20:30	07:15 19:19	08:00 17:13	08:20 16:25	08:32 16:20
26	08:15 17:02	07:20 17:59	06:17 18:48	06:09 20:40	05:20 21:26	05:09 21:48	05:39 21:25	06:27 20:28	07:17 19:17	08:01 17:11	08:21 16:24	08:32 16:20
27	08:13 17:04	07:18 18:01	06:15 18:49	06:07 20:42	05:19 21:28	05:09 21:48	05:40 21:24	06:29 20:26	07:19 19:15	08:03 17:09	08:23 16:23	08:33 16:21
28	08:12 17:06	07:16 18:03	06:12 18:51	06:05 20:43	05:18 21:29	05:09 21:48	05:41 21:22	06:30 20:23	07:20 19:13	08:04 17:08	08:24 16:22	08:32 16:22
29	08:11 17:08	07:11 18:03	06:11 19:53	06:03 20:45	05:17 21:30	05:10 21:48	05:43 21:21	06:32 20:21	07:22 19:10	08:06 17:06	08:26 16:22	08:33 16:23
30	08:09 17:10	07:08 18:03	06:08 19:55	06:01 20:47	05:16 21:31	05:11 21:48	05:44 21:19	06:33 20:19	07:23 19:08	08:24 17:04	08:07 16:21	08:33 16:24
31	08:08 17:11	07:06 18:03	06:06 19:56	06:00 21:33	05:15 21:33	05:11 21:48	05:46 21:18	06:35 20:17	07:22 19:08	08:24 17:02	08:07 16:25	08:33 16:25
	Sonnenscheinstunden	260	278	367	416	484	498	501	453	381	9	332
	Anzahl Minuten mit Schatten	0	233	371	0	0	0	0	0	0	603	0

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

Tag im Monat	Sonnenaufgang (SS:MM)	Sonnenuntergang (SS:MM)	Zeitpunkt (SS:MM)	Schattenanfang-Zeitpunkt (SS:MM)	Schattenende/Minuten mit Schatten
--------------	-----------------------	-------------------------	-------------------	----------------------------------	-----------------------------------

SHADOW - Kalender pro WEA

Berechnung: Prüfbericht Schattenwurf Baugebiet Knükel Überschreitungen **WEA:** 2 - WEA04

Annahmen für Schattenwurfberechnung

Die dargestellten Zeiten sind die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer, berechnet unter folgenden Annahmen:

- Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang
- Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinstrahlung
- Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
1	08:33 09:19-09:53/34	08:06 07:13 07:03	17:13 18:04 19:58	20:48 21:34 21:48	21:16 20:15 19:06	17:00	16:26	15:20 14:09 12:50	11:35 10:24 9:13	8:03 6:52 5:41	4:31 3:20 2:09	08:09 09:05-09:30/25
2	16:26 09:20-09:53/33	08:05 07:11 07:01	17:15 18:06 20:00	20:50 21:35 21:47	21:15 20:12 19:03	16:58	16:27	15:21 14:10 12:51	11:45 10:34 9:23	8:13 7:02 5:51	4:41 3:30 2:19	08:10 09:05-09:31/26
3	16:27 09:19-09:52/33	08:03 07:09 06:59	17:17 18:08 20:01	20:52 21:36 21:47	21:13 20:10 19:01	16:56	16:28	15:22 14:11 12:52	11:46 10:35 9:24	8:14 7:03 5:52	4:42 3:31 2:20	08:12 09:05-09:33/28
4	16:28 09:20-09:52/32	08:02 07:07 06:56	17:19 18:10 20:03	20:53 21:37 21:47	21:11 20:08 18:59	16:55	16:29	15:23 14:12 12:53	11:47 10:36 9:25	8:15 7:04 5:53	4:43 3:32 2:21	08:13 09:05-09:34/29
5	16:29 09:19-09:52/32	08:00 07:05 06:54	17:21 18:12 20:05	20:55 21:38 21:46	21:09 20:06 18:57	16:53	16:30	15:24 14:13 12:54	11:48 10:37 9:26	8:16 7:05 5:54	4:44 3:33 2:22	08:14 09:06-09:36/30
6	16:30 09:20-09:51/31	07:58 07:02 06:52	17:22 18:13 20:06	20:57 21:39 21:46	21:08 20:03 18:54	16:51	16:31	15:25 14:14 12:55	11:49 10:38 9:27	8:17 7:06 5:55	4:45 3:34 2:23	08:16 09:06-09:37/31
7	16:32 09:21-09:51/30	07:57 07:00 06:50	17:23 18:14 20:07	20:58 21:40 21:45	21:06 20:01 18:52	16:49	16:32	15:26 14:15 12:56	11:50 10:39 9:28	8:18 7:07 5:56	4:46 3:35 2:24	08:17 09:07-09:38/31
8	16:33 09:21-09:50/29	07:55 06:58 06:47	17:24 18:15 20:08	20:58 21:40 21:45	21:06 20:01 18:52	16:49	16:33	15:27 14:16 12:57	11:51 10:40 9:29	8:19 7:08 5:57	4:47 3:36 2:25	08:18 09:08-09:40/32
9	16:34 09:21-09:49/28	07:53 06:56 06:45	17:25 18:16 20:09	20:59 21:41 21:46	21:04 20:00 18:50	16:48	16:34	15:28 14:17 12:58	11:52 10:41 9:30	8:20 7:09 5:58	4:48 3:37 2:26	08:19 09:08-09:41/33
10	16:35 09:22-09:49/27	07:51 06:54 06:43	17:26 18:17 20:10	21:00 21:41 21:46	21:04 20:00 18:50	16:48	16:35	15:29 14:18 12:59	11:53 10:42 9:31	8:21 7:10 5:59	4:49 3:38 2:27	08:20 09:09-09:42/33
11	16:37 09:23-09:48/25	07:50 06:51 06:41	17:27 18:18 20:11	21:01 21:42 21:47	21:02 20:00 18:48	16:46	16:36	15:30 14:19 13:00	11:54 10:43 9:32	8:22 7:11 5:59	4:50 3:39 2:28	08:22 09:09-09:43/34
12	16:38 09:23-09:47/24	07:48 06:49 06:39	17:28 18:19 20:11	21:01 21:42 21:47	21:02 20:00 18:48	16:46	16:37	15:31 14:20 13:01	11:55 10:44 9:33	8:23 7:12 5:59	4:51 3:40 2:29	08:23 09:10-09:44/34
13	16:40 09:24-09:45/21	07:46 06:47 06:36	17:29 18:20 20:13	21:03 21:42 21:47	21:03 20:00 18:45	16:45	16:38	15:32 14:21 13:02	11:56 10:45 9:34	8:24 7:13 5:59	4:52 3:41 2:30	08:24 09:10-09:45/35
14	16:41 09:25-09:43/18	07:44 06:45 06:34	17:30 18:21 20:14	21:04 21:44 21:49	21:03 20:00 18:44	16:40	16:39	15:33 14:22 13:03	11:57 10:46 9:35	8:25 7:14 5:59	4:53 3:42 2:31	08:25 09:11-09:46/35
15	16:43 09:26-09:40/14	07:42 06:42 06:32	17:31 18:22 20:15	21:05 21:43 21:48	21:02 20:00 18:43	16:43	16:40	15:34 14:23 13:04	11:58 10:47 9:36	8:26 7:15 5:59	4:54 3:43 2:32	08:26 09:12-09:47/35
16	16:44 09:27-09:37/10	07:40 06:40 06:30	17:32 18:23 20:16	21:06 21:44 21:49	21:01 20:00 18:42	16:46	16:41	15:35 14:24 13:05	11:59 10:48 9:37	8:27 7:16 5:59	4:55 3:44 2:33	08:28 09:12-09:48/36
17	16:46 09:29-09:34/5	07:38 06:38 06:28	17:33 18:24 20:17	21:06 21:44 21:49	21:01 20:00 18:42	16:46	16:42	15:36 14:25 13:06	12:00 10:49 9:38	8:28 7:17 5:59	4:56 3:45 2:34	08:29 09:13-09:49/36
18	08:24 07:36 06:35	06:25 05:30 05:07	05:28 06:14 06:14	07:04 07:54 07:48	08:24 09:10-09:45/36	09:16 10:02 10:00	10:48 11:34 11:33	12:11 12:57 12:56	13:44 14:30 14:29	15:11 15:57 15:56	16:38 17:24 17:23	08:30 09:15-09:51/36
19	08:23 07:34 06:33	06:23 05:29 05:07	05:29 06:16 06:16	07:06 07:56 07:50	08:25 09:11-09:46/35	09:17 10:03 10:01	10:49 11:35 11:34	12:12 12:58 12:57	13:45 14:31 14:30	15:12 15:58 15:57	16:39 17:25 17:24	08:29 09:14-09:50/36
20	08:22 07:32 06:31	06:21 05:27 05:07	05:30 06:17 06:17	07:07 07:57 07:52	08:26 09:12-09:47/35	09:18 10:04 10:02	10:50 11:36 11:35	12:13 12:59 12:58	13:46 14:32 14:31	15:13 15:59 15:58	16:40 17:26 17:25	08:29 09:15-09:51/36
21	08:21 07:30 06:29	06:20 05:26 05:07	05:31 06:18 06:18	07:08 07:58 07:53	08:27 09:13-09:49/36	09:19 10:05 10:03	10:51 11:37 11:36	12:14 13:00 12:59	13:47 14:33 14:32	15:14 16:00 15:59	16:41 17:27 17:26	08:30 09:15-09:51/36
22	08:20 07:28 06:26	06:17 05:25 05:07	05:32 06:19 06:19	07:09 07:59 07:54	08:28 09:14-09:50/36	09:20 10:06 10:04	10:52 11:38 11:37	12:15 13:01 12:59	13:48 14:34 14:33	15:15 16:01 15:59	16:42 17:28 17:27	08:30 09:16-09:52/36
23	08:19 07:26 06:24	06:15 05:24 05:08	05:33 06:20 06:20	07:10 08:00 07:55	08:29 09:15-09:51/36	09:21 10:07 10:05	10:53 11:39 11:38	12:16 13:02 12:59	13:49 14:35 14:34	15:16 16:02 15:59	16:43 17:29 17:28	08:31 09:16-09:52/36
24	08:17 07:24 06:22	06:13 05:22 05:08	05:34 06:21 06:21	07:11 08:01 07:56	08:30 09:16-09:52/36	09:22 10:08 10:06	10:54 11:40 11:39	12:17 13:03 12:59	13:50 14:36 14:35	15:17 16:03 15:59	16:44 17:30 17:29	08:31 09:16-09:52/36
25	08:16 07:22 06:20	06:11 05:21 05:08	05:35 06:22 06:22	07:12 08:02 07:57	08:31 09:16-09:52/36	09:23 10:09 10:07	10:55 11:41 11:40	12:18 13:04 12:59	13:51 14:37 14:36	15:18 16:04 15:59	16:45 17:31 17:30	08:32 09:17-09:53/36
26	08:15 07:20 06:17	06:09 05:20 05:09	05:36 06:23 06:23	07:13 08:03 07:58	08:32 09:17-09:53/36	09:24 10:10 10:08	10:56 11:42 11:41	12:19 13:05 12:59	13:52 14:38 14:37	15:19 16:05 15:59	16:46 17:32 17:31	08:32 09:17-09:53/36
27	08:13 07:18 06:15	06:07 05:19 05:09	05:37 06:24 06:24	07:14 08:04 07:59	08:33 09:18-09:53/35	09:25 10:11 10:09	10:57 11:43 11:42	12:20 13:06 12:59	13:53 14:39 14:38	15:20 16:06 15:59	16:47 17:33 17:32	08:33 09:18-09:53/35
28	08:12 07:16 06:12	06:05 05:18 05:10	05:38 06:25 06:25	07:15 08:05 07:59	08:34 09:19-09:54/35	09:26 10:12 10:10	10:58 11:44 11:43	12:21 13:07 12:59	13:54 14:40 14:39	15:21 16:07 15:59	16:48 17:34 17:33	08:33 09:18-09:53/35
29	08:11 07:14 06:10	06:03 05:17 05:10	05:39 06:26 06:26	07:16 08:06 07:59	08:35 09:20-09:55/35	09:27 10:13 10:11	10:59 11:45 11:44	12:22 13:08 12:59	13:55 14:41 14:40	15:22 16:08 15:59	16:49 17:35 17:34	08:33 09:18-09:53/35
30	08:09 07:12 06:08	06:01 05:16 05:11	05:40 06:27 06:27	07:17 08:07 07:59	08:36 09:21-09:56/35	09:28 10:14 10:12	11:00 11:46 11:45	12:23 13:09 12:59	13:56 14:42 14:41	15:23 16:09 15:59	16:50 17:36 17:35	08:33 09:18-09:53/35
31	08:08 07:11 06:06	06:00 05:15 05:11	05:41 06:28 06:28	07:18 08:08 07:59	08:37 09:22-09:57/35	09:29 10:15 10:13	11:01 11:47 11:46	12:24 13:10 12:59	13:57 14:43 14:42	15:24 16:10 15:59	16:51 17:37 17:36	08:33 09:18-09:53/35
	Sonnenscheinstunden	260	278	367	416	484	498	501	453	381	332	267
	Anzahl Minuten mit Schatten	426	0	367	0	484	0	501	0	381	0	267

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

Tag im Monat	Sonnenaufgang (SS:MM)	Sonnenuntergang (SS:MM)	Zeitpunkt (SS:MM)	Schattenanfang-Zeitpunkt (SS:MM)	Schattenende/Minuten mit Schatten
--------------	-----------------------	-------------------------	-------------------	----------------------------------	-----------------------------------



SHADOW - Kalender pro WEA

Berechnung: Prüfbericht Schattenwurf Baugebiet Knükel Überschreitungen **WEA:** 3 - WEA05

Annahmen für Schattenwurfberechnung

- Die dargestellten Zeiten sind die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer, berechnet unter folgenden Annahmen:
- Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang
- Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinstrahlung
- Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
1	08:33	09:09-09:49/40	08:06	07:13	07:03	05:59	05:14	05:11	05:47	06:37	07:25	07:18
	16:26		17:13	18:04	19:58	20:48	21:34	21:48	21:16	20:15	19:06	17:00
2	08:33	09:10-09:50/40	08:05	07:11	07:01	05:57	05:13	05:12	05:49	06:38	07:27	07:20
	16:27		17:15	18:06	20:00	20:50	21:35	21:47	21:15	20:12	19:03	16:58
3	08:33	09:09-09:49/40	08:03	07:09	06:59	05:55	05:13	05:13	05:50	06:40	07:28	07:22
	16:28		17:17	18:08	20:01	20:52	21:36	21:47	21:13	20:10	19:01	16:56
4	08:32	09:09-09:50/41	08:02	07:07	06:56	05:53	05:12	05:13	05:52	06:41	07:30	07:24
	16:29		17:19	18:10	20:03	20:53	21:37	21:47	21:11	20:08	18:59	16:55
5	08:32	09:10-09:50/40	08:00	07:05	06:54	05:51	05:11	05:14	05:53	06:43	07:32	07:25
	16:30		17:21	18:12	20:05	20:55	21:38	21:46	21:09	20:06	18:57	16:53
6	08:32	09:10-09:50/40	07:58	07:02	06:52	05:50	05:11	05:15	05:55	06:45	07:33	07:27
	16:32		17:22	18:13	20:06	20:57	21:39	21:46	21:08	20:03	18:54	16:51
7	08:31	09:10-09:51/41	07:57	07:00	06:50	05:48	05:10	05:16	05:57	06:46	07:35	07:29
	16:33		17:24	18:15	20:08	20:58	21:40	21:45	21:06	20:01	18:52	16:49
8	08:31	09:10-09:50/40	07:55	06:58	06:47	05:46	05:09	05:17	05:58	06:48	07:37	07:31
	16:34		17:26	18:17	20:10	21:00	21:41	21:44	21:04	19:59	18:50	16:48
9	08:30	09:10-09:50/40	07:53	06:56	06:45	05:44	05:09	05:18	06:00	06:49	07:38	07:33
	16:35		17:28	18:19	20:11	21:01	21:41	21:44	21:02	19:57	18:48	16:46
10	08:30	09:11-09:50/39	07:51	06:54	06:43	05:43	05:08	05:19	06:01	06:51	07:40	07:34
	16:37		17:30	18:20	20:13	21:03	21:42	21:43	21:00	19:54	18:45	16:45
11	08:29	09:11-09:49/38	07:50	06:51	06:41	05:41	05:08	05:20	06:03	06:53	07:42	07:36
	16:38		17:32	18:22	20:15	21:05	21:43	21:42	20:58	19:52	18:43	16:43
12	08:29	09:11-09:48/37	07:48	06:49	06:38	05:39	05:08	05:21	06:04	06:54	07:43	07:38
	16:40		17:34	18:24	20:17	21:06	21:44	21:41	20:57	19:50	18:41	16:41
13	08:28	09:11-09:47/36	07:46	06:47	06:36	05:38	05:08	05:22	06:06	06:56	07:45	07:40
	16:41		17:35	18:26	20:18	21:08	21:44	21:41	20:55	19:47	18:39	16:40
14	08:27	09:12-09:46/34	07:44	06:45	06:34	05:36	05:07	05:23	06:08	06:57	07:47	07:41
	16:43		17:37	18:27	20:20	21:09	21:45	21:40	20:53	19:45	18:36	16:39
15	08:27	09:12-09:45/33	07:42	06:42	06:32	05:35	05:07	05:24	06:09	06:59	07:49	07:43
	16:44		17:39	18:29	20:22	21:11	21:46	21:39	20:51	19:43	18:34	16:37
16	08:26	09:12-09:44/32	07:40	06:40	06:30	05:33	05:07	05:25	06:11	07:01	07:50	07:45
	16:46		17:41	18:31	20:23	21:12	21:46	21:38	20:49	19:40	18:32	16:36
17	08:25	09:13-09:43/30	07:38	06:38	06:28	05:32	05:07	05:27	06:12	07:02	07:52	07:47
	16:47		17:43	18:32	20:25	21:14	21:47	21:37	20:47	19:38	18:30	16:34
18	08:24	09:14-09:42/28	07:36	06:35	06:25	05:30	05:07	05:28	06:14	07:04	07:54	07:48
	16:49		17:45	18:34	20:27	21:15	21:47	21:36	20:45	19:36	18:28	16:33
19	08:23	09:15-09:41/26	07:34	06:33	06:23	05:29	05:07	05:29	06:16	07:06	07:55	07:50
	16:51		17:46	18:36	20:28	21:17	21:47	21:34	20:43	19:33	18:26	16:32
20	08:22	09:16-09:40/24	07:32	06:31	06:21	05:27	05:07	05:30	06:17	07:07	07:57	07:52
	16:52		17:48	18:38	20:30	21:18	21:48	21:33	20:41	19:31	18:24	16:31
21	08:21	09:17-09:39/22	07:30	06:29	06:19	05:26	05:07	05:32	06:19	07:09	07:59	07:53
	16:54		17:50	18:39	20:32	21:20	21:48	21:32	20:38	19:29	18:22	16:29
22	08:20	09:18-09:36/18	07:28	06:26	06:17	05:25	05:07	05:33	06:20	07:10	08:01	07:55
	16:56		17:52	18:41	20:33	21:21	21:48	21:31	20:36	19:26	18:20	16:28
23	08:19	09:20-09:32/12	07:26	06:24	06:15	05:24	05:08	05:34	06:22	07:12	08:02	07:57
	16:57		17:54	18:43	20:35	21:22	21:48	21:29	20:34	19:24	18:18	16:27
24	08:17	09:23-09:28/5	07:24	06:22	06:13	05:22	05:08	05:36	06:24	07:14	08:04	07:58
	16:59		17:55	18:44	20:37	21:24	21:48	21:28	20:32	19:22	18:15	16:26
25	08:16		07:22	06:19	06:11	05:21	05:08	05:37	06:25	07:15	07:06	08:00
	17:01		17:57	18:46	20:38	21:25	21:48	21:27	20:30	19:19	17:13	16:25
26	08:15		07:20	06:17	06:09	05:20	05:09	05:39	06:27	07:17	07:08	08:01
	17:03		17:59	18:48	20:40	21:26	21:48	21:25	20:28	19:17	17:11	16:24
27	08:13		07:18	06:15	06:07	05:19	05:09	05:40	06:29	07:19	07:09	08:03
	17:04		18:01	18:49	20:42	21:28	21:48	21:24	20:26	19:15	17:10	16:23
28	08:12		07:16	06:12	06:05	05:18	05:10	05:41	06:30	07:20	07:11	08:04
	17:06		18:03	18:51	20:43	21:29	21:48	21:22	20:23	19:13	17:08	16:22
29	08:11			07:10	06:03	05:17	05:10	05:43	06:32	07:22	07:13	08:06
	17:08			19:53	20:45	21:30	21:48	21:21	20:21	19:10	17:06	16:22
30	08:09			07:08	06:01	05:16	05:11	05:44	06:33	07:23	07:15	08:07
	17:10			19:55	20:47	21:31	21:48	21:19	20:19	19:08	17:04	16:21
31	08:08			07:06		05:15		05:46	06:35		07:17	
	17:11			19:56		21:33		21:18	20:17		17:02	
Sonnenscheinstunden	260											
Anzahl Minuten mit Schatten	776	278	367	416	484	498	501	453	381	332	267	245
											336	1213

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

Tag im Monat	Sonnenaufgang (SS:MM)	Sonnenuntergang (SS:MM)	Zeitpunkt (SS:MM)	Schattenanfang-Zeitpunkt (SS:MM)	Schattenende/Minuten mit Schatten
--------------	-----------------------	-------------------------	-------------------	----------------------------------	-----------------------------------



SHADOW - Kalender pro WEA

Berechnung: Prüfbericht Schattenwurf Baugebiet Knükel Überschreitungen **WEA: 4 - WEA06**

Annahmen für Schattenwurfberechnung

- Die dargestellten Zeiten sind die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer, berechnet unter folgenden Annahmen:
- Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang
- Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinstrahlung
- Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
1	08:33	08:06	08:47-09:00/13	07:13	07:03	05:59	05:14	05:11	05:47	06:37	07:25	07:18
2	16:26	17:13	18:04	19:58	20:48	21:34	21:46	21:16	20:15	19:06	17:00	16:20
3	08:32	08:03	07:09	06:59	05:55	05:13	05:13	05:50	06:40	07:28	07:22	08:12
4	16:28	17:17	18:08	20:01	20:52	21:36	21:47	21:13	20:10	19:01	16:56	16:19
5	08:32	08:02	07:07	06:56	05:53	05:12	05:13	05:52	06:41	07:30	07:24	08:13
6	16:29	17:19	18:10	20:03	20:53	21:37	21:46	21:11	20:08	18:59	16:55	16:18
7	08:32	08:00	07:05	06:54	05:51	05:11	05:14	05:53	06:43	07:32	07:25	08:14
8	16:30	17:21	18:12	20:05	20:55	21:38	21:46	21:09	20:06	18:57	16:53	16:18
9	08:32	07:58	07:02	06:52	05:50	05:10	05:15	05:55	06:45	07:33	07:27	08:16
10	16:32	17:22	18:13	20:06	20:57	21:39	21:46	21:08	20:03	18:54	16:51	16:17
11	08:31	07:57	07:00	06:50	05:48	05:10	05:16	05:57	06:46	07:35	07:29	08:17
12	16:33	17:24	18:15	20:08	20:58	21:40	21:45	21:06	20:01	18:52	16:49	16:17
13	08:31	07:55	06:58	06:47	05:46	05:09	05:17	05:58	06:48	07:37	07:31	08:18
14	16:34	17:26	18:17	20:10	21:00	21:41	21:44	21:04	19:59	18:50	16:46	16:17
15	08:30	09:00-09:04/4	07:53	06:56	06:45	05:44	05:09	05:18	06:00	06:49	07:38	08:20-08:27/7
16	16:35	17:28	18:19	20:11	21:01	21:41	21:44	21:02	19:56	18:48	16:46	16:16
17	08:30	09:00-09:07/7	07:51	06:54	06:43	05:43	05:08	05:19	06:01	06:51	07:40	08:18-08:31/13
18	16:37	17:30	18:20	20:13	21:03	21:42	21:43	21:00	19:54	18:45	16:45	16:16
19	08:29	08:59-09:06/9	07:49	06:51	06:41	05:41	05:08	05:20	06:03	06:53	07:42	08:17-08:33/16
20	16:38	17:32	18:22	20:15	21:05	21:43	21:42	20:58	19:52	18:43	16:43	16:16
21	08:29	08:58-09:11/11	07:48	06:49	06:38	05:39	05:08	05:21	06:04	06:54	07:43	08:17-08:35/18
22	16:40	17:34	18:24	20:16	21:06	21:44	21:41	20:57	19:50	18:41	16:41	16:16
23	08:28	08:57-09:10/13	07:46	06:47	06:36	05:38	05:07	05:22	06:06	06:56	07:45	08:17-08:37/20
24	16:41	17:35	18:26	20:18	21:08	21:44	21:40	20:55	19:47	18:39	16:40	16:16
25	08:27	08:56-09:10/14	07:44	06:44	06:34	05:36	05:07	05:23	06:08	06:57	07:47	08:17-08:39/22
26	16:43	17:37	18:27	20:20	21:09	21:45	21:40	20:53	19:45	18:36	16:38	16:16
27	08:27	08:55-09:11/16	07:42	06:42	06:32	05:35	05:07	05:24	06:09	06:59	07:49	08:17-08:41/24
28	16:44	17:39	18:29	20:22	21:11	21:46	21:39	20:51	19:43	18:34	16:37	16:16
29	08:26	08:54-09:12/18	07:40	06:40	06:30	05:33	05:07	05:25	06:11	07:01	07:50	08:17-08:43/26
30	16:46	17:41	18:31	20:23	21:12	21:46	21:38	20:49	19:40	18:32	16:36	16:16
31	08:25	08:53-09:12/19	07:38	06:38	06:28	05:32	05:07	05:27	06:12	07:02	07:52	08:18-08:45/27
32	16:47	17:43	18:32	20:25	21:14	21:46	21:37	20:47	19:38	18:30	16:34	16:16
33	08:24	08:52-09:13/21	07:36	06:35	06:25	05:30	05:07	05:28	06:14	07:04	07:54	08:19-08:47/28
34	16:49	17:45	18:34	20:27	21:15	21:47	21:35	20:45	19:36	18:28	16:33	16:16
35	08:23	08:51-09:13/22	07:34	06:33	06:23	05:29	05:07	05:29	06:16	07:06	07:55	08:20-08:47/27
36	16:51	17:46	18:36	20:28	21:17	21:47	21:34	20:43	19:33	18:26	16:32	16:17
37	08:22	08:50-09:14/24	07:32	06:31	06:21	05:27	05:07	05:30	06:17	07:07	07:57	08:22-08:48/26
38	16:52	17:48	18:38	20:30	21:18	21:48	21:33	20:41	19:31	18:24	16:31	16:17
39	08:21	08:49-09:14/25	07:30	06:28	06:19	05:26	05:07	05:32	06:19	07:09	07:59	08:24-08:49/25
40	16:54	17:50	18:39	20:32	21:20	21:48	21:32	20:38	19:29	18:22	16:29	16:17
41	08:20	08:47-09:13/26	07:28	06:26	06:17	05:25	05:07	05:33	06:20	07:10	08:01	08:26-08:50/24
42	16:56	17:52	18:41	20:33	21:21	21:48	21:31	20:36	19:26	18:20	16:28	16:18
43	08:19	08:46-09:13/27	07:26	06:24	06:15	05:24	05:08	05:34	06:22	07:12	08:02	08:28-08:50/22
44	16:57	17:54	18:43	20:35	21:22	21:48	21:29	20:34	19:24	18:17	16:27	16:18
45	08:17	08:45-09:13/28	07:24	06:22	06:13	05:22	05:08	05:36	06:24	07:14	08:04	08:29-08:50/21
46	16:59	17:55	18:44	20:37	21:24	21:48	21:28	20:32	19:22	18:15	16:26	16:19
47	08:16	08:44-09:11/27	07:22	06:19	06:11	05:21	05:08	05:37	06:25	07:15	08:06	08:31-08:50/19
48	17:01	17:57	18:46	20:38	21:25	21:48	21:27	20:30	19:19	18:13	16:25	16:20
49	08:15	08:45-09:10/25	07:20	06:17	06:09	05:20	05:09	05:39	06:27	07:17	08:08	08:33-08:51/18
50	17:02	17:59	18:48	20:40	21:26	21:48	21:25	20:28	19:17	18:11	16:24	16:20
51	08:13	08:44-09:08/24	07:18	06:15	06:07	05:19	05:09	05:40	06:29	07:18	08:09	08:35-08:51/16
52	17:04	17:48	18:49	20:42	21:28	21:48	21:24	20:26	19:15	18:09	16:23	16:21
53	08:12	08:45-09:07/22	07:15	06:12	06:05	05:18	05:09	05:41	06:30	07:20	08:11	08:36-08:50/14
54	17:06	18:03	18:51	20:43	21:29	21:48	21:22	20:23	19:13	18:08	16:22	16:22
55	08:11	08:45-09:05/20	07:14	06:10	06:03	05:17	05:10	05:43	06:32	07:22	08:13	08:38-08:51/13
56	17:08	17:53	18:53	20:45	21:30	21:48	21:21	20:21	19:10	18:06	16:22	16:23
57	08:09	08:46-09:04/18	07:11	06:08	06:01	05:16	05:11	05:44	06:33	07:23	08:15	08:39-08:50/11
58	17:10	17:55	18:55	20:47	21:31	21:48	21:19	20:19	19:08	18:04	16:21	16:24
59	08:08	08:46-09:02/16	07:11	06:06	06:00	05:15	05:10	05:46	06:35	07:25	08:16	08:33
60	17:11	17:56	18:56	20:49	21:33	21:48	21:18	20:17	19:06	18:02	16:21	16:25
61	260	278	288	367	416	464	498	501	453	381	332	267
Anzahl Minuten mit Schatten												

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-Zeitpunkt (SS:MM)	Schattenende/Minuten mit Schatten
	Sonnenuntergang (SS:MM)	Zeitpunkt (SS:MM)	Schattenanfang-Zeitpunkt (SS:MM)	Schattenende/Minuten mit Schatten

