

Schattenwurfprognose für  
sechs Windenergieanlagen  
am Standort  
**Brauerschwend-Lauterbach**  
(Hessen)

Datum: 20.11.2017

Bericht Nr. 15-1-3008-004-SU

Auftraggeber:

HessenEnergie Gesellschaft für rationelle Energienutzung mbH

Mainzer Str. 98 - 102

65189 Wiesbaden

Bearbeiter:

CUBE Engineering GmbH

Kirsten Ulner

Breitscheidstraße 6

DE-34119 Kassel

Tel 0561 / 288 573-0

Fax 0561 / 288 573-19

Die vorliegende Schattenwurfprognose für den Standort Brauerschwend Lauterbach (Hessen) wurde der CUBE Engineering GmbH im November 2017 von der Firma HessenEnergie für rationale Energienutzung mbH in Auftrag gegeben und gemäß dem Stand von Wissenschaft und Technik nach bestem Wissen und Gewissen unparteiisch erstellt. Die CUBE Engineering GmbH ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 u. a. für die Erstellung von Schattenwurfprognosen akkreditiert. Die firmenintern verwendeten Berechnungsverfahren gemäß den zuvor genannten Anforderungen sind in der CUBE-Qualitätsmanagement Prozessbeschreibung „Schatten“ festgelegt und dokumentiert.

Für die physikalische Einhaltung der prognostizierten Ergebnisse der Schattenwurfprognose werden seitens des Gutachters keine Garantien übernommen. Sie basieren auf Berechnungen nach den Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) sowie den vom Auftraggeber und dem WEA-Hersteller gestellten Standort- und Anlagendaten. Die Berechnungen wurden mit dem Softwareprogramm WindPRO (Modul SHADOW) von Energi- og Miljødata (DK) durchgeführt.

Kassel, 20.11.2017



Kirsten Ulnert  
(Bearbeiter)



Dipl.-Ing. (FH) Timo Mertens  
(Prüfer)

130060

30. Jan. 2018

## Inhalt:

<b>1</b>	<b>Standort- und WEA-Daten</b>	<b>4</b>
1.1	Aufgabenstellung	4
1.2	Immissionsorte	6
1.3	Windenergieanlagen	8
<b>2</b>	<b>Ergebnisse der Schattenwurfberechnungen</b>	<b>9</b>
2.1	Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer (worst case)	9
2.2	Meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer	10
<b>3</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>11</b>
3.1	Ergebnisse	11
3.2	Empfehlungen	11
<b>4</b>	<b>Vorschriften und Quellen (Auswahl)</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Anhang</b>	<b>15</b>

30. Jan. 2010

130061

# 1 Standort- und WEA-Daten

## 1.1 Aufgabenstellung

Der Auftraggeber plant am Standort Brauerschwend-Lauterbach zwischen den Orten Schwarz im Nordosten, Wernges im Südosten, Maar im Süden und Brauerschwend im Westen einen Windpark mit insgesamt sechs Windenergieanlagen (WEA) des Typs Vestas V126-3.6 HTq mit 137 m Nabenhöhe zu errichten.

Am Standort existieren sieben WEA bzw. befinden sich in einem fortgeschrittenen Genehmigungsverfahren. Diese müssen als Vorbelastungen berücksichtigt werden und werden daher im folgenden Text einheitlich als „Vorbelastung“ bzw. „Vorbelastungs-WEA“ bezeichnet. Es sollen die Immissionen durch periodischen Schattenwurf der Windenergieanlagen 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 19.03.2013 erhobenen Daten über relevante Immissionsorte und deren Umgebung.

Die Berechnung wurde mit der Software WindPRO, Modul SHADOW, durchgeführt.

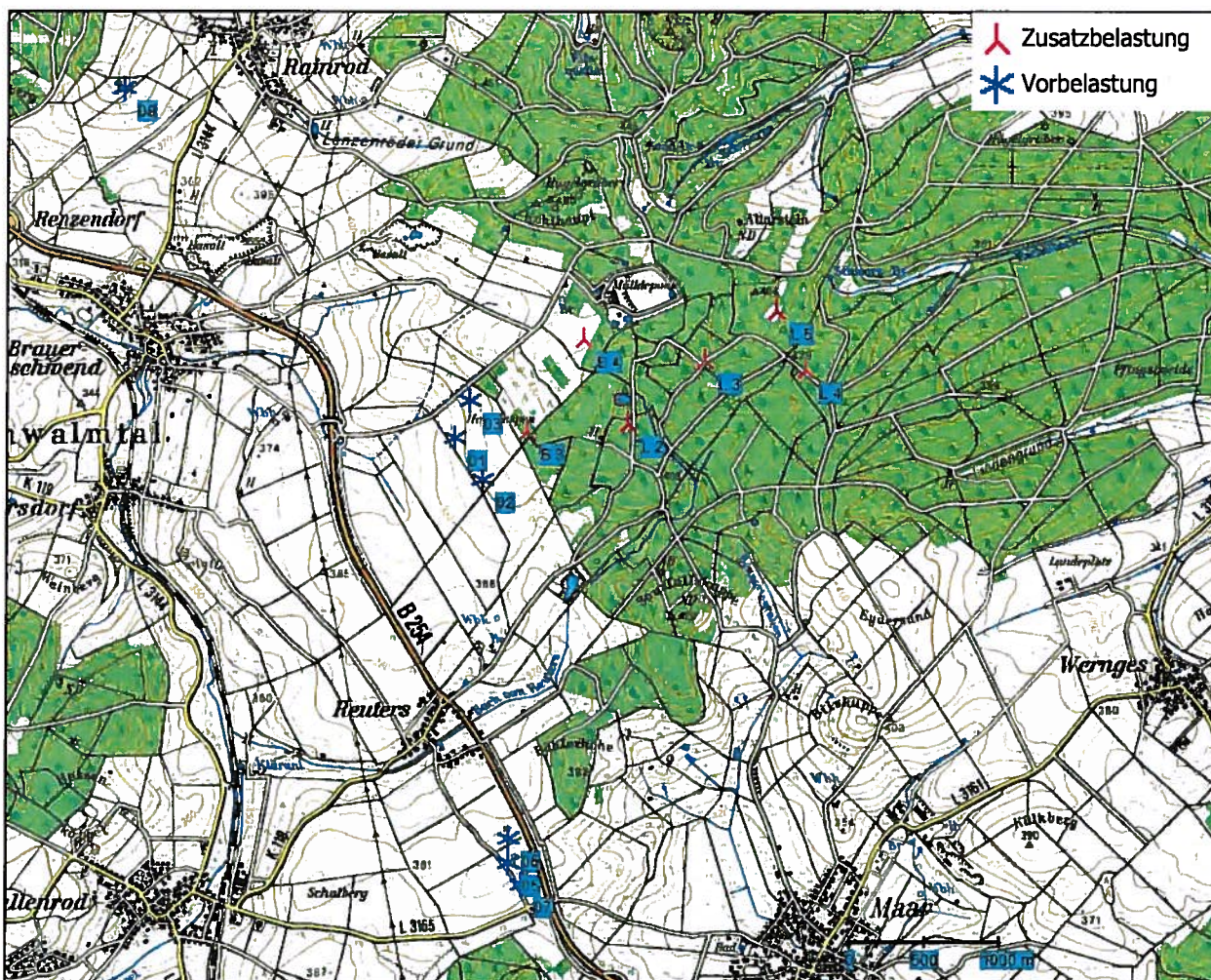


Abbildung 1: Übersichtskarte

## 1.2 Immissionsorte

Die *Maßgeblichen Immissionsorte* sind schutzwürdige Räume sowie (nach Bauordnungs- und -planungsrecht) bebaubare Freiflächen. Diese werden entsprechend /7/ nach den folgenden Bedingungen ausgewählt:

- Die Orte müssen innerhalb des Beschattungsbereichs der neu geplanten WEA nach 20%-Kriterium /7/ liegen. Die Beschattungsbereiche sind auf der Karte Abbildung 2 als rote Kreise um die Windenergieanlagen dargestellt.
- Es muss durch den Sonnenstand im Jahresverlauf physikalisch möglich sein, dass sie von den neu geplanten WEA beschattet werden. Die tatsächlich im Jahresverlauf beschatteten Flächen sind auf der Karte Abbildung 2 als farbige Bereiche dargestellt.

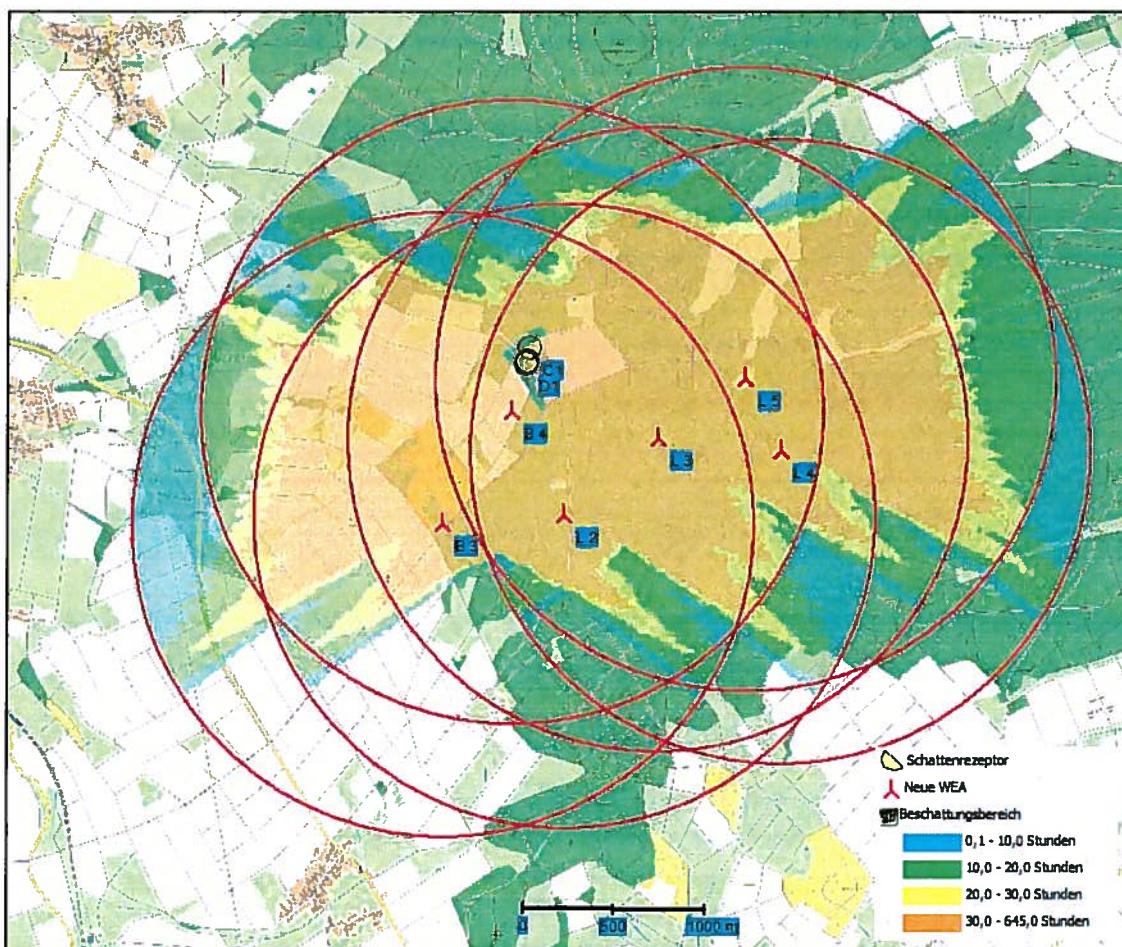


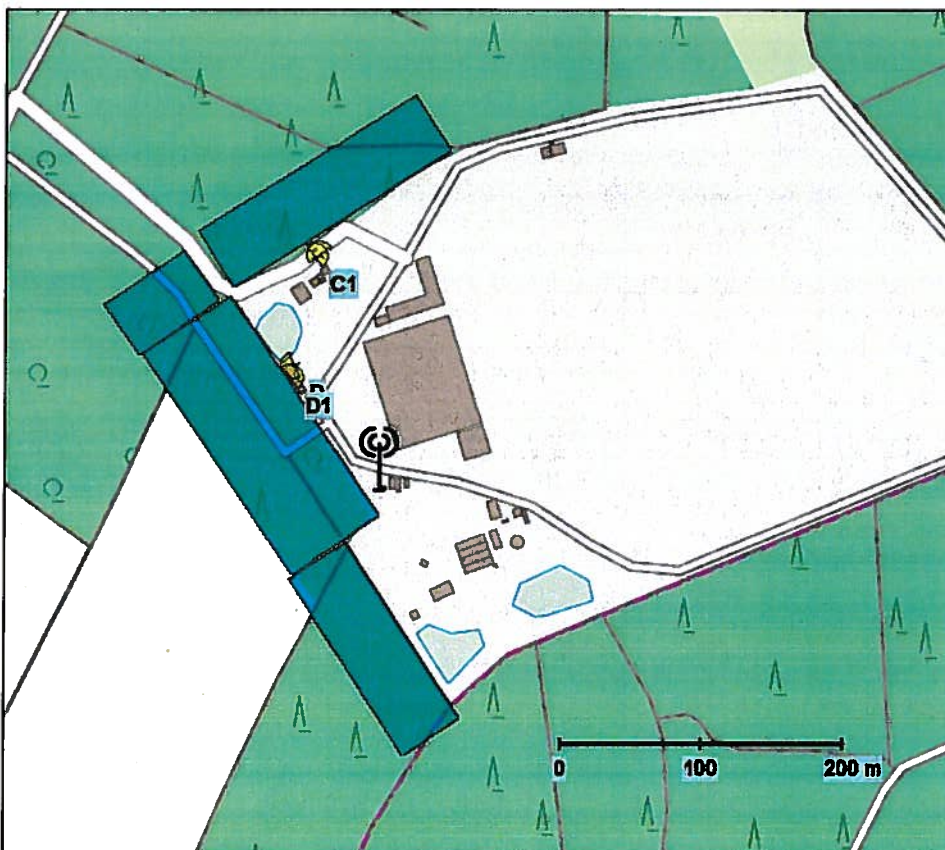
Abbildung 2: Schattenwurf der neu geplanten WEA

Nach den genannten Kriterien wurden die unten aufgeführten Immissionsorte ausgewählt. Bei der Standortbesichtigung am 19.3.2013 bei bewölktem Himmel und sehr guten Sichtverhältnissen wurden diese Immissionsorte untersucht und dokumentiert. Die Berechnungen werden unter Berücksichtigung des Bewuchses um die Immissionsorte durchgeführt.

**Tabelle 1: Immissionsorte**

IO	Name
C	Deponiegelände, Empfangsbereich
C1	Deponiegelände, Empfangsgebäude
D	Deponiegelände, Betriebsgebäude
D1	Deponiegelände, Betriebsgebäude

Die genaue Lage der Rezeptoren ist auch in Abbildung 3 eingezeichnet.



**Abbildung 3: Lage der Immissionsorte C, C1, D und D1 – Deponiegelände**

Bei den Immissionsorten C, C1, D und D1 handelt es sich um Gebäude auf dem Gelände der Deponie Bastwald. Das Gebäude mit dem Immissionsort D/D1 (Betriebsleiterbüro) grenzt nach Südwesten direkt an einen mit immergrünen Nadelbäumen durchzogenen Mischwald. Nördlich bzw. westlich des Immissionsorts C/C1 (Empfangsgebäude) befindet sich ebenfalls Mischwald. Der Wald wird in den Berechnungen als Hindernis mit einer angenommenen Bewuchshöhe von 15 m berücksichtigt. Das Gebäude Immissionsort C/C1 ist zusätzlich mit einer separaten sichtsverschattenden Überdachung versehen, welche in den Berechnungen nicht berücksichtigt wird.

### 1.3 Windenergieanlagen

Der Antragsteller plant am Standort Brauerschwend Lauterbach die Errichtung von sechs Windenergieanlagen. Weiterhin werden sieben WEA als mögliche Vorbelastung berücksichtigt. An den untersuchten Immissionsorten wird durch die Vorbelastungs-WEA keine Belastung durch periodischen Schattenwurf verursacht. Diese WEA werden im Weiteren nicht mehr berücksichtigt. Eine entsprechende Berechnung zum Nachweis befindet sich im Anhang. Die Kenndaten der WEA sind in Tabelle 2 wiedergegeben.

**Tabelle 2: WEA-Eigenschaften**

	Neu geplant	Vorbelastung			
Nummer	B3, B4, L2 – L5	01, 02	03	WEA 5 – WEA 7	08
Anzahl	6	2	1	3	1
WEA-Hersteller	Vestas	Fuhrländer	Enercon	Dewind	Enercon
WEA-Typ	V126 HTq	MD77	E-92	D4/48	E-40/6.44
Rotordurchmesser /m	126	77	92	48	44
Nabenhöhe /m	137	85	138	70	78
Nennleistung /kW	3.600	1.500	2.300	600	600
Mittlere Blatttiefe /m	2,53	2,08	2,23	1,3	1,23
Beschattungsbereich /m	1.718	1.415	1.513	883	834

Der Beschattungsbereich wurde nach dem 20%-Kriterium /7/ ermittelt.



## 2 Ergebnisse der Schattenwurfberechnungen

### 2.1 Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer (worst case)

Es wurde die *astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer (worst case)*, d.h. ohne Berücksichtigung von Bewölkung, Stillstandszeiten der WEA und Windrichtung an einem punktförmigen Rezeptor in 2 m Höhe berechnet. Die Ausrichtung des Rezeptors ist horizontal, so dass der Schattenwurf unabhängig von der Einfallrichtung registriert wird.

Die Immissionsrichtwerte betragen:

- maximal 30 Stunden Beschattung pro Jahr sowie
- maximal 30 Minuten Beschattung pro Tag

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

IO	Lage	Max. h/Jahr	Max. h/Tag
<b>C</b>	Deponiegelände, Empfangsbereich	<b>184:09</b>	<b>1:48</b>
<b>C1</b>	Deponiegelände, Empfangsgebäude	<b>184:52</b>	<b>1:48</b>
<b>D</b>	Deponiegelände, Betriebsgebäude	<b>236:54</b>	<b>2:12</b>
<b>D1</b>	Deponiegelände, Betriebsgebäude	<b>37:46</b>	<b>0:46</b>

Die fett hervorgehobenen Werte überschreiten die oben genannten Immissionsrichtwerte.

## 2.2 Meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer

Die *Meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer* ist für die Genehmigung eines Vorhabens nicht relevant, sie kann jedoch Behörden, Entwicklern und Betroffenen einen Eindruck über die tatsächlich zu erwartende Belastung geben. Sie berücksichtigt statistische Daten zu

- Bewölkung (Quelle: Sonneneinstrahlungs-Atlas /8/, Station Gießen),
- Windrichtung (Quelle: überschlägige Ermittlung anhand der Windstatistik des DWD für Standort Alsfeld) und

Um die Beschattungszeiten in einem beschatteten Zimmer im Erdgeschoss wiedergeben, wird die Berechnung für einen Rezeptor in Fenstergröße (1,5 x 1,5 m, Unterkante 1m ü.Gr.) durchgeführt.

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

IO	Lage	Meteorologisch wahrsch. h/Jahr
C	Deponiegelände, Empfangsbereich	22:40
C1	Deponiegelände, Empfangsgebäude	16:49
D	Deponiegelände, Betriebsgebäude	5:56
D1	Deponiegelände, Betriebsgebäude	0:00

### 3 Zusammenfassung

#### 3.1 Ergebnisse

Am Windparkstandort wurden für vier Immissionsorte die Beschattungsdauern durch sechs neu geplante WEA entsprechend den WEA-Schattenwurf-Hinweisen /7/ berechnet.

**Tabelle 5: Zusammenfassung**

IO	Name	Astron. Max. mögl. Beschattungsdauer		Met. wahrsch. Beschattungsdauer
		Max. Std. /Jahr I	Max. Std. /Tag II	Std. /Jahr III
C	Deponiegelände, Empfangsbereich	184:09	1:48	22:40
C1	Deponiegelände, Empfangsgebäude	184:52	1:48	16:49
D	Deponiegelände, Betriebsgebäude	236:54	2:12	5:56
D1	Deponiegelände, Betriebsgebäude	37:46	0:46	0:00

Die Immissionsrichtwerte für die einzelnen Spalten sind: maximal 30 Stunden im Jahr (Spalte I) und maximal 30 Minuten am Tag (Spalte II).

Diese Werte werden an den Immissionsorten C, C1, D und D1 überschritten. Die WEA-Schattenwurf-Hinweise /7/ sehen für diesen Fall vor, dass der Schattenwurf der WEA, die eine Überschreitung verursachen, mittels einer Abschaltautomatik entsprechend den Richtwerten begrenzt wird.

#### 3.2 Empfehlungen

Über die Programmierung einer Abschaltautomatik wird die Windenergieanlage bei Sonnenschein (direkte Sonnenstrahlung auf die horizontale Fläche > 120 W/m<sup>2</sup>) zu den Uhrzeiten abgeschaltet, zu denen an den relevanten Immissionspunkten Immissionsrichtwerte überschritten würden.

Die WEA werden zum einen abgeschaltet, wenn an einem Tag mehr als 30 Minuten Schattenwurf an einem Immissionspunkt auftreten. Die maximale tägliche Beschattungsdauer der Immissionsorte steht in Tabelle 5 in Spalte II.

Zum anderen werden die WEA abgeschaltet, wenn ein maximales jährliches Kontingent an Schattenwurf auf einen Immissionsort gefallen ist. Die maximale jährliche Beschattungsdauer der Immissionsorte steht in Tabelle 5 in Spalte I. Das zulässige Kontingent tatsächlicher Beschattungszeit pro Immissionsort beträgt 8 Stunden pro Jahr.

**IP C, C1 sowie D und D1: Der Richtwert für die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer pro Jahr wird um maximal 207 Stunden überschritten. Der Richtwert für die astronomisch maximal mögliche Beschattung pro Tag wird um maximal 102 Minuten überschritten.**

Die Öffnungszeiten der Deponie Bastwald (IO C, C1, D und D1) sind von montags bis freitags 8 Uhr bis 16 Uhr sowie jeden ersten Samstag im Monat von 9 Uhr bis 12 Uhr. Das Personal der Deponie ist jeweils kurz vor Beginn bis kurz nach Ende der Öffnungszeiten vor Ort. Werden nur die Arbeitszeiten von 8 bis 16 Uhr berücksichtigt, so ergeben sich geringere Beschattungszeiten für die Stunden pro Jahr. Durch WEA B3 und L2 fällt kein Schatten an den Immissionsorten an.

Zusätzlich reduziert sich die relevante Beschattungszeit durch den Nicht-Betrieb der Deponie an den Wochenenden inklusive des ersten Samstags im Monat. Diese Reduzierung (ca. 2/7) variiert von Jahr zu Jahr und wird deshalb nicht gesondert berechnet.

Aufgrund der Überschreitungen empfehlen wir die Integration einer Abschaltautomatik in die WEA L3 und B4. Eine entsprechende Berechnung zum Nachweis, dass die Richtwerte dann eingehalten werden können, befindet sich im Anhang. Bei der Programmierung der Abschaltautomatik empfehlen wir die Öffnungszeiten der Deponie zu berücksichtigen.

Abschaltautomatiken sind so zu programmieren, dass alle betroffenen Bereiche (Fenster, Balkone usw.) an allen relevanten Immissionspunkten im schattenkritischen Bereich berücksichtigt werden. Aus den 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. Darüber hinaus können sichtverschattende Objekte wie dauerhafter Bewuchs, Nebengebäude usw. einen Schattenwurf verhindern, wodurch im Einzelnen 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 Vorschriften und Quellen (Auswahl)

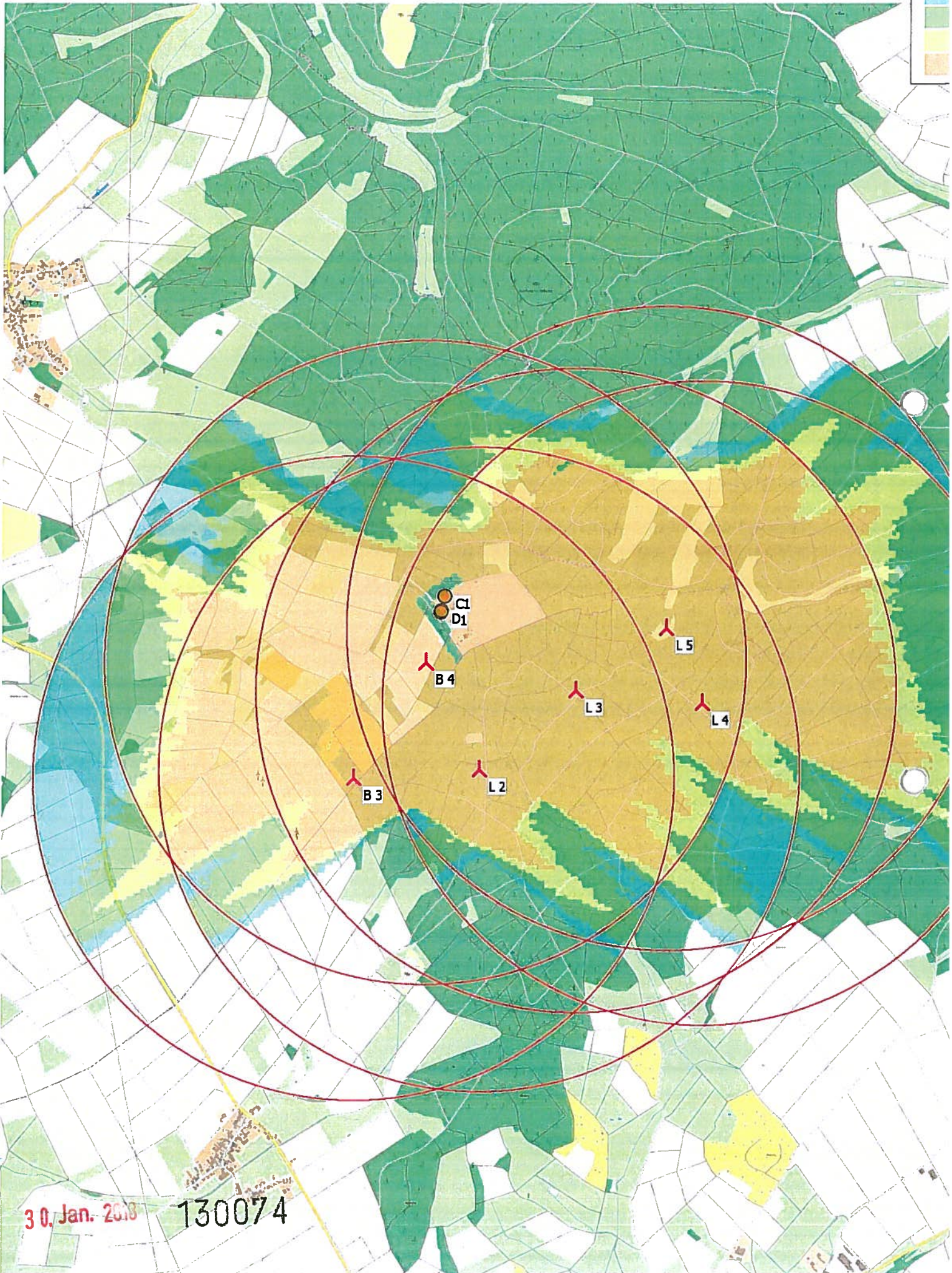
- /1/ BImSchG; Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG)
- /2/ H.D. Freund: Effektive Einwirkzeit  $T_w$  des Schattenwurfs bei  $T_{max} = 30$  h/Jahr, Ausarbeitung Institut für Physik und allgemeine Elektrotechnik, Fachhochschule Kiel (24.01.2001)
- /3/ H.D. Freund: Die Reichweite des Schattenwurfs von Windkraftanlagen; Umweltforschungsbank UFORDAT (Juni 1999)
- /4/ K. Bohne, D. Michelbrand: Der Schattenwurf von Windkraftanlagen; Diplomarbeit FH Kiel (April 2000)
- /5/ J. Pohl, F. Faul, R. Mausfeld; Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen, Feldstudie, Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (31.07.1999)
- /6/ J. Pohl, F. Faul, R. Mausfeld; Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen, Laborpilotstudie, Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (15.05.2000)
- /7/ Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI); Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen; Stand: 13.03.2002
- /8/ Palz, W., Kommission der Europäischen Gemeinschaft; Atlas über die Sonneneinstrahlung Europas, Bd. I TÜV Rheinland, Köln, 1990 u. ff

130072

30. Jan. 2010

## 5 Anhang

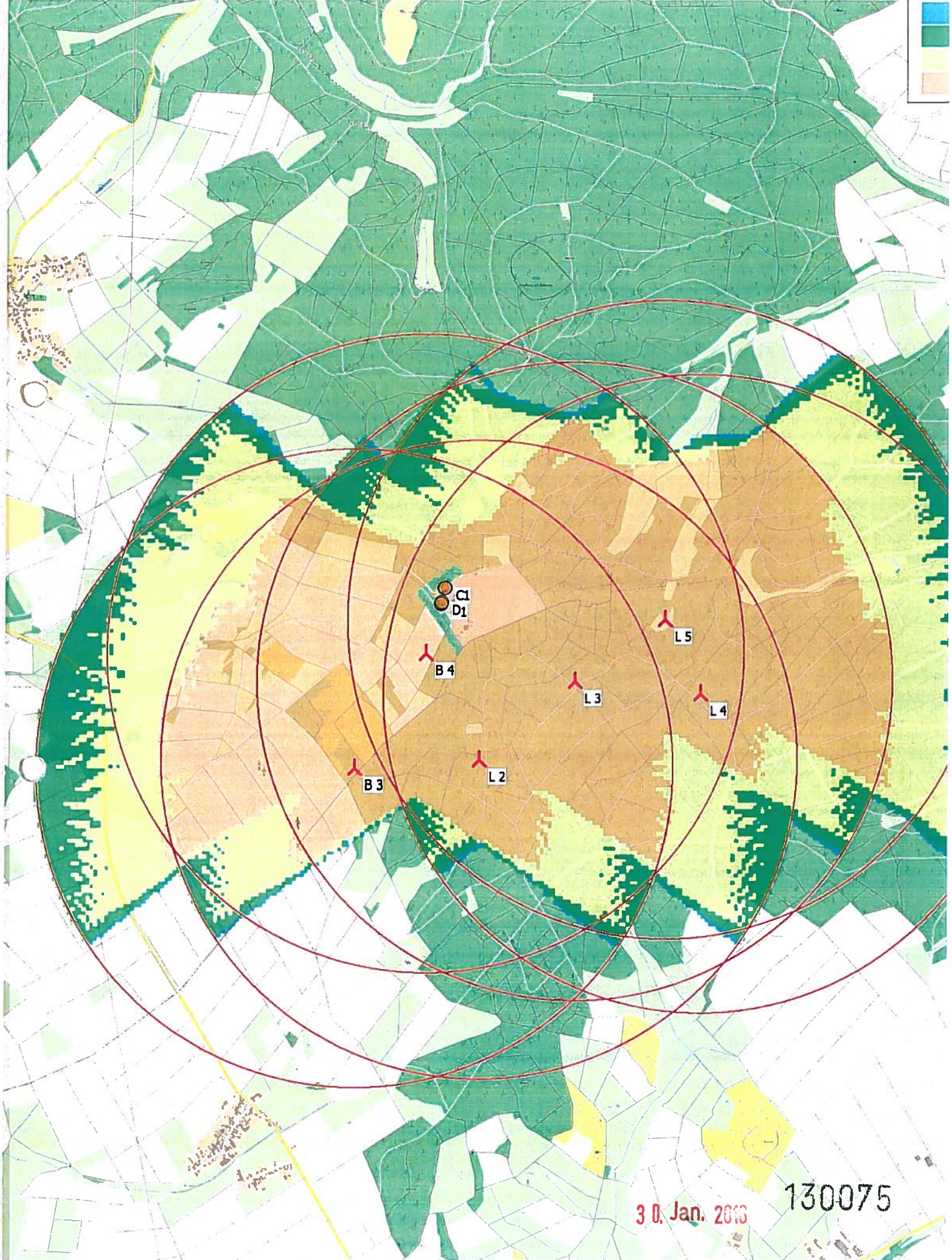
- Schattenkarte Std./Jahr Gesamtbelastung
- Schattenkarte Min./Tag Gesamtbelastung
- Berechnung der irrelevanten Vorbelastung
  - Hauptergebnis
- Berechnung der astronomisch maximal möglichen Beschattungsdauer
  - Hauptergebnis
  - grafische Kalender
  - tabellarische Kalender
- Berechnung der meteorologisch wahrscheinlichen Beschattungsdauer
  - Hauptergebnis
- Berechnung unter Berücksichtigung einer Abschaltautomatik für WEA L3 und B4
- Schattenintensitätsgrafiken der WEA-Typen



30. Jan. 2018

130074





Projekt:  
**15-1-3008-004-DE-BLA**

Beschreibung:  
WP Brauerschwend Lauterbach im  
Vogelsbergkreis, Hessen

Lizenzierter Anwender:  
**CUBE Engineering GmbH**  
Breitscheidstraße 6  
DE-34119 Kassel  
+49 (0) 561 28 85 73 0  
Kirsten Ulner / k.ulner@cube-engineering.com  
Berechnet:  
22.11.2017 16:03/3.1.617



## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** Irrelevante Vorbelastung

### Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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 Sonneneinstrahlungsrichtung  
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:

Verwendete Höhenlinien: Höhenlinien: Lauterbach2.wpo (1)

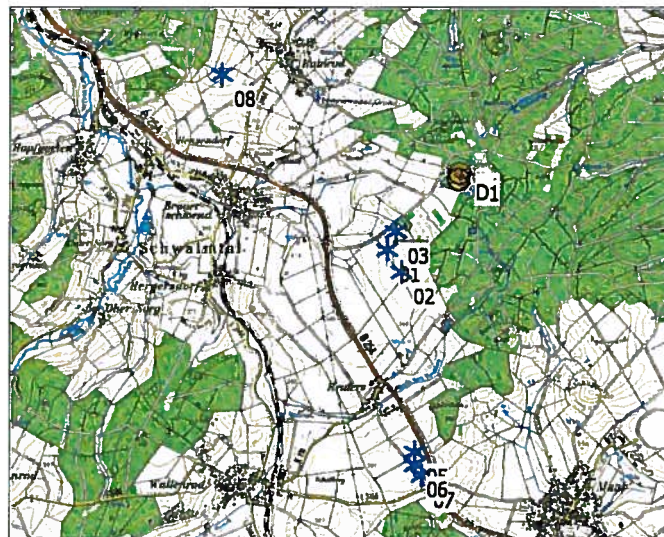
Hindernisse in Berechnung verwendet

Augenhöhe: 1,5 m

Rasterauflösung: 10,0 m

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

### WEA



Maßstab 1:100.000  
\* Existierende WEA    ◉ Schattenrezeptor

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung [kW]	Rotor-durchmesser [m]	Nabenhöhe [m]	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich [m]	U/min [U/min]
			[m]									
01	524.974	5.615.621	397,6	FUHLÄNDER FL...	Nein	FUHLÄNDER	FL MD 77-1.500	1.500	77,0	85,0	1.415	17,3
02	525.163	5.615.337	401,5	FUHLÄNDER FL...	Nein	FUHLÄNDER	FL MD 77-1.500	1.500	77,0	85,0	1.415	17,3
03	525.082	5.615.866	405,1	ENERCON E-92 2...	Ja	ENERCON	E-92 2,3 MW-2.300	2.300	92,0	138,4	1.513	16,0
05	525.344	5.612.957	388,0	DEWIND D4/48 ...	Ja	DEWIND	D4/48-600	600	48,0	70,0	883	29,2
06	525.339	5.612.791	385,0	DEWIND D4/48 ...	Ja	DEWIND	D4/48-600	600	48,0	70,0	883	29,2
07	525.431	5.612.654	383,0	DEWIND D4/48 ...	Ja	DEWIND	D4/48-600	600	48,0	70,0	883	29,2
08	522.771	5.617.943	400,0	ENERCON E-40/...	Nein	ENERCON	E-40/6.44-600	600	44,0	78,0	834	34,5

### Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite [m]	Höhe [m]	Höhe über Grund [m]	Azimutwinkel (von Süd) [°]	Neigung des Fensters [°]	Ausrichtungsmodus
C	Deponiegelände, Empfangsbereich	525.941	5.616.630	448,0	0,1	0,1	2,0	-38,9	0,0	"Gewächshaus-Modus"
C1	Deponiegelände, Empfangsgebäude	525.937	5.616.629	448,0	0,1	0,1	2,0	-38,9	0,0	"Gewächshaus-Modus"
D	Deponiegelände, Betriebsgebäude	525.923	5.616.552	444,3	0,1	0,1	2,0	-115,1	0,0	"Gewächshaus-Modus"
D1	Deponiegelände, Betriebsgebäude	525.920	5.616.543	444,0	0,1	0,1	2,0	-115,1	0,0	"Gewächshaus-Modus"

### Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer		
		Stunden/Jahr [Std/Jahr]	Schattentage/a [Tage/Jahr]	Max.Schatten Stunden/Tag [Std/Tag]
C	Deponiegelände, Empfangsbereich	0:00	0	0:00
C1	Deponiegelände, Empfangsgebäude	0:00	0	0:00
D	Deponiegelände, Betriebsgebäude	0:00	0	0:00
D1	Deponiegelände, Betriebsgebäude	0:00	0	0:00

Gesamtmenge der max. mögl. Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal [Std/Jahr]
01	FUHLÄNDER FL MD 77 1500 77.0 !O! NH: 85,0 m (Ges:123,5 m) (8)	0:00
02	FUHLÄNDER FL MD 77 1500 77.0 !O! NH: 85,0 m (Ges:123,5 m) (9)	0:00
03	ENERCON E-92 2,3 MW 2300 92.0 !-! NH: 138,4 m (Ges:184,4 m) (27)	0:00
05	DEWIND D4/48 600 48.0 !O! NH: 70,0 m (Ges:94,0 m) (11)	0:00
06	DEWIND D4/48 600 48.0 !O! NH: 70,0 m (Ges:94,0 m) (10)	0:00

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:

**15-1-3008-004-DE-BLA**

Beschreibung:

WP Brauerschwend Lauterbach im  
Vogelsbergkreis, Hessen

Lizenzierter Anwender:

**CUBE Engineering GmbH**

Breitscheidstraße 6

DE-34119 Kassel

+49 (0) 561 28 85 73 0

Kirsten Ulner / k.ulner@cube-engineering.com

Berechnet:

22.11.2017 16:03/3.1.617



## SHADOW - Hauptergebnis

### Berechnung: Irrelevante Vorbelastung

...(Fortsetzung von letzter Seite)

Nr.	Name	Maximal [Std/Jahr]
07	DEWIND D4/48 600 48.0 !O! NH: 70,0 m (Ges:94,0 m) (12)	0:00
08	ENERCON E-40/6.44 600 44.0 !O! NH: 78,0 m (Ges:100,0 m) (25)	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.

130077

30. Jan. 2018

Projekt:  
**15-1-3008-004-DE-BLA**

Beschreibung:  
WP Brauerschwend Lauterbach im  
Vogelsbergkreis, Hessen

Lizenzierter Anwender:  
**CUBE Engineering GmbH**  
Breitscheidstraße 6  
DE-34119 Kassel  
+49 (0) 561 28 85 73 0  
Kirsten Ulner / k.ulner@cube-engineering.com  
Berechnet:  
20.11.2017 13:48/3.1.617



## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** astron. max. mögl. Zusatzbelastung  
**Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs**

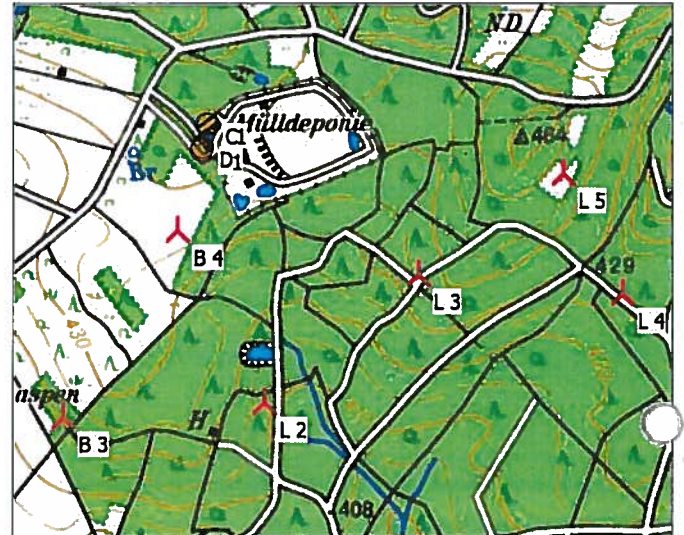
Beschattungsbereich der WEA  
Schatten nur relevant, wo Rotorblatt mind. 20% der Sonne verdeckt  
Siehe WEA-Tabelle

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 Sonneneinstrahlungsrichtung  
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:

Verwendete Höhenlinien: Höhenlinien: Lauterbach2.wpo (1)  
Hindernisse in Berechnung verwendet  
Augenhöhe: 1,5 m  
Rasterauflösung: 10,0 m

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



Maßstab 1:25.000  
Neue WEA Schattenrezeptor

### WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung [kW]	Rotor-durchmesser [m]	Nabenhöhe [m]	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich [m]	U/min [U/min]
B 3	525.462	5.615.663	422,1	VESTAS V126-3.6 ...	Ja	VESTAS	V126-3.6 HTq-3.600	3.600	126,0	137,0	1.718	12,1
B 4	525.840	5.616.280	436,6	VESTAS V126-3.6 ...	Ja	VESTAS	V126-3.6 HTq-3.600	3.600	126,0	137,0	1.718	12,1
L 2	526.131	5.615.713	411,0	VESTAS V126-3.6 ...	Ja	VESTAS	V126-3.6 HTq-3.600	3.600	126,0	137,0	1.718	12,1
L 3	526.642	5.616.135	435,3	VESTAS V126-3.6 ...	Ja	VESTAS	V126-3.6 HTq-3.600	3.600	126,0	137,0	1.718	12,1
L 4	527.318	5.616.071	428,1	VESTAS V126-3.6 ...	Ja	VESTAS	V126-3.6 HTq-3.600	3.600	126,0	137,0	1.718	12,1
L 5	527.124	5.616.466	444,8	VESTAS V126-3.6 ...	Ja	VESTAS	V126-3.6 HTq-3.600	3.600	126,0	137,0	1.718	12,1

### Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe über Grund	Azimutwinkel (von Süd)	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	
C	Deponiegelände, Empfangsbereich	525.941	5.616.630	448,0	0,1	0,1	2,0	-38,9	0,0	"Gewächshaus-Modus"
C1	Deponiegelände, Empfangsgebäude	525.937	5.616.629	448,0	0,1	0,1	2,0	-38,9	0,0	"Gewächshaus-Modus"
D	Deponiegelände, Betriebsgebäude	525.923	5.616.552	444,3	0,1	0,1	2,0	-115,1	0,0	"Gewächshaus-Modus"
D1	Deponiegelände, Betriebsgebäude	525.920	5.616.543	444,0	0,1	0,1	2,0	-115,1	0,0	"Gewächshaus-Modus"

### Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer		
		Stunden/Jahr	Schattentage/a	Max.Schatten Stunden/Tag
		[Std/Jahr]	[Tage/Jahr]	[Std/Tag]
C	Deponiegelände, Empfangsbereich	184:09	168	1:48
C1	Deponiegelände, Empfangsgebäude	184:52	169	1:48
D	Deponiegelände, Betriebsgebäude	236:54	189	2:12
D1	Deponiegelände, Betriebsgebäude	37:46	86	0:46

Gesamtmenge der max. mögl. Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal [Std/Jahr]
B 3	VESTAS V126-3.6 HTq 3600 126.0 IO! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (132)	0:00
B 4	VESTAS V126-3.6 HTq 3600 126.0 IO! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (133)	214:46
L 2	VESTAS V126-3.6 HTq 3600 126.0 IO! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (136)	0:00
L 3	VESTAS V126-3.6 HTq 3600 126.0 IO! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (137)	42:02
L 4	VESTAS V126-3.6 HTq 3600 126.0 IO! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (135)	10:43
L 5	VESTAS V126-3.6 HTq 3600 126.0 IO! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (134)	17:41

130078

Projekt:

**15-1-3008-004-DE-BLA**

Beschreibung:

WP Brauerschwend Lauterbach im  
Vogelsbergkreis, Hessen

Lizenzierter Anwender:

**CUBE Engineering GmbH**

Breitscheidstraße 6

DE-34119 Kassel

+49 (0) 561 28 85 73 0

Kirsten Ulner / k.ulner@cube-engineering.com

Berechnet:

20.11.2017 13:48/3.1.617



## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** astron. max. mögl. Zusatzbelastung

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.

30. Jan. 2018

130079

Projekt:  
**15-1-3008-004-DE-BLA**

Beschreibung:  
WP Brauerschwend Lauterbach im  
Vogelsbergkreis, Hessen

Lizenzierter Anwender:  
**CUBE Engineering GmbH**  
Breitscheidstraße 6  
DE-34119 Kassel  
+49 (0) 561 28 85 73 0  
Kirsten Ulner / k.ulner@cube-engineering.com  
Berechnet:  
20.11.2017 13:48/3.1.617



## SHADOW - Kalender

**Berechnung:** astron. max. mögl. Zusatzbelastung **Schattenrezeptor:** C - Deponiegelände, Empfangsbereich  
**Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs**

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 Sonneneinfallrichtung  
Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	
1	08:25	12:54 (B 4)   08:00	08:35 (L 3)   07:09	07:01	05:59	05:16	
	16:28	73   14:07 (B 4)   17:14	105   14:19 (B 4)   18:03	19:54	20:42	21:26	
2	08:25	12:55 (B 4)   07:59	08:35 (L 3)   07:07	06:59	05:57	05:15	
	16:29	73   14:08 (B 4)   17:15	107   14:20 (B 4)   18:05	19:56	20:44	21:27	
3	08:25	12:54 (B 4)   07:57	08:34 (L 3)   07:05	06:57	05:55	05:15	
	16:30	74   14:08 (B 4)   17:17	107   14:19 (B 4)   18:06	19:57	20:46	21:28	
4	08:25	12:55 (B 4)   07:56	08:34 (L 3)   07:03	06:55	05:54	05:14	
	16:31	74   14:09 (B 4)   17:19	108   14:20 (B 4)   18:08	19:59	20:47	21:29	
5	08:24	12:55 (B 4)   07:54	08:34 (L 3)   07:01	06:52	05:52	05:13	
	16:32	75   14:10 (B 4)   17:21	107   14:19 (B 4)   18:10	20:01	20:49	21:30	
6	08:24	12:55 (B 4)   07:52	08:33 (L 3)   06:59	06:50	05:50	05:13	
	16:33	75   14:10 (B 4)   17:23	106   14:18 (B 4)   18:11	20:02	20:50	21:31	
7	08:24	12:56 (B 4)   07:51	08:33 (L 3)   06:56	06:48	05:48	05:12	
	16:35	75   14:11 (B 4)   17:24	106   14:18 (B 4)   18:13	20:04	20:52	21:32	
8	08:23	12:56 (B 4)   07:49	08:33 (L 3)   06:54	06:46	05:47	05:12	
	16:36	75   14:11 (B 4)   17:26	105   14:18 (B 4)   18:15	20:05	20:53	21:33	
9	08:23	12:56 (B 4)   07:48	08:33 (L 3)   06:52	06:44	05:45	05:11	
	16:37	76   14:12 (B 4)   17:28	103   14:17 (B 4)   18:16	20:07	20:55	21:33	
10	08:23	12:56 (B 4)   07:46	08:33 (L 3)   06:50	06:42	05:44	05:11	
	16:39	76   14:12 (B 4)   17:30	101   14:16 (B 4)   18:18	20:09	20:56	21:34	
11	08:22	12:56 (B 4)   07:44	08:33 (L 3)   06:48	06:39	05:42	05:11	
	16:40	77   14:13 (B 4)   17:31	99   14:15 (B 4)   18:20	20:10	20:58	21:35	
12	08:21	12:57 (B 4)   07:42	08:34 (L 3)   06:46	06:37	05:40	05:10	
	16:41	77   14:14 (B 4)   17:33	95   14:14 (B 4)   18:21	20:12	20:59	21:35	
13	08:21	12:57 (B 4)   07:41	08:34 (L 3)   06:43	07:08 (L 5)   06:35	05:39	05:10	
	16:43	77   14:14 (B 4)   17:35	91   14:12 (B 4)   18:23	11   07:19 (L 5)   20:14	21:01	21:36	
14	08:20	12:57 (B 4)   07:39	08:35 (L 3)   06:41	07:05 (L 5)   06:33	05:37	05:10	
	16:44	78   14:15 (B 4)   17:37	87   14:12 (B 4)   18:25	16   07:21 (L 5)   20:15	21:02	21:37	
15	08:19	12:57 (B 4)   07:37	08:01 (L 4)   06:39	07:03 (L 5)   06:31	05:36	05:10	
	16:46	78   14:15 (B 4)   17:38	83   14:10 (B 4)   18:26	19   07:22 (L 5)   20:17	21:04	21:37	
16	08:19	12:57 (B 4)   07:35	07:59 (L 4)   06:37	07:02 (L 5)   06:29	05:34	05:10	
	16:47	79   14:16 (B 4)   17:40	81   14:08 (B 4)   18:28	21   07:23 (L 5)   20:18	21:05	21:38	
17	08:18	12:57 (B 4)   07:33	07:57 (L 4)   06:35	07:01 (L 5)   06:27	05:33	05:10	
	16:49	79   14:16 (B 4)   17:42	78   14:06 (B 4)   18:30	23   07:24 (L 5)   20:20	21:07	21:38	
18	08:17	12:58 (B 4)   07:31	07:55 (L 4)   06:32	07:01 (L 5)   06:25	05:32	05:10	
	16:50	79   14:17 (B 4)   17:44	72   14:04 (B 4)   18:31	23   07:24 (L 5)   20:22	21:08	21:39	
19	08:16	12:58 (B 4)   07:29	07:53 (L 4)   06:30	06:59 (L 5)   06:23	05:30	05:10	
	16:52	79   14:17 (B 4)   17:46	64   14:00 (B 4)   18:33	24   07:23 (L 5)   20:23	21:10	21:39	
20	08:15	12:58 (B 4)   07:27	07:51 (L 4)   06:28	06:59 (L 5)   06:21	05:29	05:10	
	16:53	80   14:18 (B 4)   17:47	51   13:56 (B 4)   18:35	24   07:23 (L 5)   20:25	21:11	21:39	
21	08:14	12:59 (B 4)   07:25	07:49 (L 4)   06:26	06:59 (L 5)   06:19	05:28	05:10	
	16:55	79   14:18 (B 4)   17:49	19   08:08 (L 4)   18:36	24   07:23 (L 5)   20:26	21:12	21:39	
22	08:13	12:59 (B 4)   07:23	07:48 (L 4)   06:24	07:00 (L 5)   06:16	05:26	05:10	
	16:57	80   14:19 (B 4)   17:51	20   08:08 (L 4)   18:38	23   07:23 (L 5)   20:28	21:14	21:40	
23	08:12	12:59 (B 4)   07:21	07:48 (L 4)   06:21	06:59 (L 5)   06:14	05:25	05:10	
	16:58	80   14:19 (B 4)   17:53	19   08:07 (L 4)   18:40	22   07:21 (L 5)   20:30	21:15	21:40	
24	08:11	12:59 (B 4)   07:19	07:49 (L 4)   06:19	07:00 (L 5)   06:13	05:24	05:10	
	17:00	80   14:19 (B 4)   17:54	18   08:07 (L 4)   18:41	20   07:20 (L 5)   20:31	21:16	21:40	
25	08:09	13:00 (B 4)   07:17	07:48 (L 4)   06:17	07:01 (L 5)   06:11	05:23	05:11	
	17:02	80   14:20 (B 4)   17:56	17   08:05 (L 4)   18:43	18   07:19 (L 5)   20:33	21:18	21:40	
26	08:08	08:42 (L 3)   07:15	07:49 (L 4)   06:15	07:03 (L 5)   06:09	05:22	05:11	
	17:03	90   14:19 (B 4)   17:58	15   08:04 (L 4)   18:44	14   07:17 (L 5)   20:34	21:19	21:40	
27	08:07	08:40 (L 3)   07:13	07:51 (L 4)   06:12	07:05 (L 5)   06:07	05:21	05:12	
	17:05	97   14:20 (B 4)   17:59	11   08:02 (L 4)   18:46	7   07:12 (L 5)   20:36	21:20	21:40	
28	08:06	08:38 (L 3)   07:11	06:10	06:05	05:20	05:12	
	17:07	99   14:19 (B 4)   18:01	18:48	20:38	21:21	21:40	
29	08:04	08:38 (L 3)	07:08	06:03	05:19	05:13	
	17:08	101   14:20 (B 4)	19:49	20:39	21:22	21:40	
30	08:03	08:37 (L 3)	07:06	06:01	05:18	05:13	
	17:10	103   14:20 (B 4)	19:51	20:41	21:24	21:40	
31	08:02	08:36 (L 3)	07:03	05:17	05:17		
	17:12	105   14:20 (B 4)	19:53	21:25	21:25		
Sonnenscheinstunden		264	280	367	414	480	492
astr.max.mögl.Beschattung		2523	1975	289			

30. Jan. 2018 130090

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

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

Projekt:  
**15-1-3008-004-DE-BLA**

Beschreibung:  
WP Brauerschwend Lauterbach im  
Vogelsbergkreis, Hessen

Lizenzierter Anwender:  
**CUBE Engineering GmbH**  
Breitscheidstraße 6  
DE-34119 Kassel  
+49 (0) 561 28 85 73 0  
Kirsten Ulner / k.ulner@cube-engineering.com  
Berechnet:  
20.11.2017 13:48/3.1.617



**SHADOW - Kalender**

**Berechnung:** astron. max. mögl. Zusatzbelastung **Schattenrezeptor: C - Deponiegelände, Empfangsbereich**  
**Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs**

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

	Jul	August	September	Oktober	November	Dezember
1	05:14	05:48	06:35	07:22	07:50 (L 5)	08:03 (L 3)
	21:39	21:09	20:10	19:03	17:00	16:22
2	05:14	05:50	06:37	07:23	07:15	08:03 (L 3)
	21:39	21:08	20:08	19:01	16:58	16:21
3	05:15	05:51	06:39	07:25	07:16	08:02 (L 3)
	21:39	21:06	20:06	18:59	16:56	16:21
4	05:16	05:53	06:40	07:27	07:18	08:02 (L 3)
	21:38	21:05	20:04	18:57	16:55	16:20
5	05:17	05:54	06:42	07:28	07:20	08:03 (L 3)
	21:38	21:03	20:01	18:54	16:53	16:20
6	05:17	05:56	06:43	07:30	07:21	08:03 (L 3)
	21:37	21:01	19:59	18:52	16:51	16:19
7	05:18	05:57	06:45	07:31	07:23	08:04 (L 3)
	21:37	21:00	19:57	18:50	16:50	16:19
8	05:19	05:59	06:46	07:33	07:25	08:05 (L 3)
	21:36	20:58	19:55	18:48	16:48	16:19
9	05:20	06:00	06:48	07:35	07:27	08:06 (L 3)
	21:36	20:56	19:53	18:46	16:46	16:18
10	05:21	06:02	06:49	07:36	07:28	08:06 (L 3)
	21:35	20:54	19:50	18:43	16:45	16:18
11	05:22	06:03	06:51	07:38	07:30	08:07 (L 3)
	21:34	20:52	19:48	18:41	16:43	16:18
12	05:23	06:05	06:52	07:39	07:32	08:08 (L 3)
	21:34	20:51	19:46	18:39	16:42	16:18
13	05:24	06:06	06:54	07:41	07:33	08:10 (L 3)
	21:33	20:49	19:44	18:37	16:41	16:18
14	05:25	06:08	06:55	07:43	07:35	08:11 (L 3)
	21:32	20:47	19:41	18:35	16:39	16:18
15	05:26	06:09	06:57	07:44	08:23 (L 4)	07:37
	21:31	20:45	19:39	18:33	16:38	16:18
16	05:27	06:11	06:58	07:46	08:21 (L 4)	07:38
	21:30	20:43	19:37	18:31	16:36	16:18
17	05:28	06:12	07:00	07:48	08:20 (L 4)	07:40
	21:29	20:41	19:35	18:29	16:35	16:18
18	05:30	06:14	07:02	07:49 (L 5)	07:49	08:20 (L 4)
	21:28	20:39	19:32	18:27	16:34	16:19
19	05:31	06:15	07:03	07:48 (L 5)	07:51	08:18 (L 4)
	21:27	20:37	19:30	18:25	16:33	16:19
20	05:32	06:17	07:05	07:46 (L 5)	07:53	08:18 (L 4)
	21:26	20:35	19:28	18:23	16:32	16:19
21	05:33	06:18	07:06	07:45 (L 5)	07:54	08:20 (L 4)
	21:25	20:33	19:26	18:21	16:30	16:20
22	05:35	06:20	07:08	07:44 (L 5)	07:56	08:22 (L 4)
	21:23	20:31	19:23	18:19	16:29	16:20
23	05:36	06:22	07:09	07:44 (L 5)	07:58	08:23 (L 4)
	21:22	20:29	19:21	18:17	16:28	16:21
24	05:37	06:23	07:11	07:43 (L 5)	07:59	08:25 (L 4)
	21:21	20:27	19:19	18:15	16:27	16:21
25	05:39	06:25	07:12	07:43 (L 5)	07:01	07:27 (L 4)
	21:20	20:25	19:17	18:13	16:26	16:22
26	05:40	06:26	07:14	07:43 (L 5)	07:03	07:29 (L 4)
	21:18	20:23	19:14	18:11	16:25	16:22
27	05:41	06:28	07:16	07:44 (L 5)	07:04	08:05 (L 3)
	21:17	20:21	19:12	18:09	16:25	16:23
28	05:43	06:29	07:17	07:44 (L 5)	07:06	08:04 (L 3)
	21:15	20:19	19:10	18:07	16:24	16:24
29	05:44	06:31	07:19	07:45 (L 5)	07:08	08:03 (L 3)
	21:14	20:17	19:08	18:05	16:23	16:25
30	05:46	06:32	07:20	07:47 (L 5)	07:10	08:02 (L 3)
	21:13	20:14	19:05	18:03	16:22	16:26
31	05:47	06:34		07:11	08:03 (L 3)	
	21:11	20:12		17:02	13:45 (B 4)	16:27
Sonnenscheinstunden	496	450	380	333	271	250
astr.max.mögl.Beschattung			288	965	2756	2253

Tabellen-Layout: Die Daten für jeden Tag sind in folgender Matrix wiedergegeben (Sommerzeit wie Bezugsjahr) **30. Jan. 2018 130081**

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

Projekt:  
**15-1-3008-004-DE-BLA**

Beschreibung:  
WP Brauerschwend Lauterbach im  
Vogelsbergkreis, Hessen

Lizenzierter Anwender:  
**CUBE Engineering GmbH**  
Breitscheidstraße 6  
DE-34119 Kassel  
+49 (0) 561 28 85 73 0  
Kirsten Ulner / k.ulner@cube-engineering.com  
Berechnet:  
20.11.2017 13:48/3.1.617



## SHADOW - Kalender

**Berechnung:** astron. max. mögl. Zusatzbelastung **Schattenrezeptor:** C1 - Deponiegelände, Empfangsgebäude  
**Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs**

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				
1	08:25	12:52 (B 4)	08:00	08:34 (L 3)	07:09	07:01	05:59	05:16		
	16:28	73	14:05 (B 4)	17:14	106	14:17 (B 4)	18:03	19:54	20:42	21:26
2	08:25	12:52 (B 4)	07:59	08:34 (L 3)	07:07	19:54	20:42	21:26		
	16:29	74	14:06 (B 4)	17:15	107	14:18 (B 4)	18:05	19:56	20:44	21:27
3	08:25	12:52 (B 4)	07:57	08:33 (L 3)	07:05	19:57	20:46	21:28		
	16:30	74	14:06 (B 4)	17:17	107	14:17 (B 4)	18:06	19:57	20:46	21:28
4	08:25	12:52 (B 4)	07:56	08:34 (L 3)	07:03	19:59	20:47	21:29		
	16:31	75	14:07 (B 4)	17:19	108	14:18 (B 4)	18:08	19:59	20:47	21:29
5	08:24	12:53 (B 4)	07:54	08:33 (L 3)	07:01	19:59	20:47	21:29		
	16:32	75	14:08 (B 4)	17:21	107	14:17 (B 4)	18:10	20:01	20:49	21:30
6	08:24	12:53 (B 4)	07:52	08:32 (L 3)	06:59	20:01	20:49	21:30		
	16:33	75	14:08 (B 4)	17:23	107	14:16 (B 4)	18:11	20:02	20:50	21:31
7	08:24	12:53 (B 4)	07:51	08:32 (L 3)	06:56	20:04	20:52	21:32		
	16:35	76	14:09 (B 4)	17:24	106	14:16 (B 4)	18:13	20:04	20:52	21:32
8	08:23	12:53 (B 4)	07:49	08:33 (L 3)	06:54	20:05	20:53	21:33		
	16:36	76	14:09 (B 4)	17:26	105	14:16 (B 4)	18:15	20:05	20:53	21:33
9	08:23	12:54 (B 4)	07:48	08:33 (L 3)	06:52	20:06	20:54	21:34		
	16:37	76	14:10 (B 4)	17:28	103	14:15 (B 4)	18:16	20:07	20:55	21:33
10	08:23	12:54 (B 4)	07:46	08:33 (L 3)	06:50	20:09	20:56	21:34		
	16:39	76	14:10 (B 4)	17:30	101	14:14 (B 4)	18:18	20:09	20:56	21:34
11	08:22	12:54 (B 4)	07:44	08:33 (L 3)	06:48	20:10	20:58	21:35		
	16:40	77	14:11 (B 4)	17:31	98	14:13 (B 4)	18:20	20:10	20:58	21:35
12	08:21	12:55 (B 4)	07:42	08:33 (L 3)	06:46	20:12	20:59	21:35		
	16:41	77	14:12 (B 4)	17:33	96	14:12 (B 4)	18:21	20:12	20:59	21:35
13	08:21	12:54 (B 4)	07:41	08:33 (L 3)	06:43	20:14	21:01	21:36		
	16:43	78	14:12 (B 4)	17:35	92	14:10 (B 4)	18:23	20:14	21:01	21:36
14	08:20	12:55 (B 4)	07:39	08:34 (L 3)	06:41	20:15	21:02	21:37		
	16:44	78	14:13 (B 4)	17:37	89	14:10 (B 4)	18:25	20:15	21:02	21:37
15	08:19	12:55 (B 4)	07:37	08:35 (L 3)	06:39	20:17	21:04	21:37		
	16:46	78	14:13 (B 4)	17:38	83	14:08 (B 4)	18:26	20:17	21:04	21:37
16	08:19	12:55 (B 4)	07:35	07:59 (L 4)	06:37	20:18	21:05	21:38		
	16:47	79	14:14 (B 4)	17:40	81	14:06 (B 4)	18:28	20:18	21:05	21:38
17	08:18	12:55 (B 4)	07:33	07:57 (L 4)	06:35	20:20	21:07	21:38		
	16:49	79	14:14 (B 4)	17:42	79	14:04 (B 4)	18:30	20:20	21:07	21:38
18	08:17	12:55 (B 4)	07:31	07:55 (L 4)	06:32	20:22	21:08	21:39		
	16:50	80	14:15 (B 4)	17:44	74	14:02 (B 4)	18:31	20:22	21:08	21:39
19	08:16	12:55 (B 4)	07:29	07:53 (L 4)	06:30	20:23	21:10	21:39		
	16:52	80	14:15 (B 4)	17:46	65	13:58 (B 4)	18:33	20:23	21:10	21:39
20	08:15	12:56 (B 4)	07:27	07:51 (L 4)	06:28	20:25	21:11	21:39		
	16:53	80	14:16 (B 4)	17:47	53	13:54 (B 4)	18:35	20:25	21:11	21:39
21	08:14	12:56 (B 4)	07:25	07:49 (L 4)	06:26	20:26	21:12	21:39		
	16:55	80	14:16 (B 4)	17:49	18	08:07 (L 4)	18:36	20:26	21:12	21:39
22	08:13	12:57 (B 4)	07:23	07:48 (L 4)	06:24	20:28	21:14	21:40		
	16:57	80	14:17 (B 4)	17:51	19	08:07 (L 4)	18:38	20:28	21:14	21:40
23	08:12	12:56 (B 4)	07:21	07:48 (L 4)	06:21	20:30	21:15	21:40		
	16:58	80	14:16 (B 4)	17:53	19	08:07 (L 4)	18:40	20:30	21:15	21:40
24	08:11	12:57 (B 4)	07:19	07:48 (L 4)	06:19	20:31	21:16	21:40		
	17:00	80	14:17 (B 4)	17:54	18	08:06 (L 4)	18:41	20:31	21:16	21:40
25	08:09	12:57 (B 4)	07:17	07:48 (L 4)	06:17	20:33	21:18	21:40		
	17:02	81	14:18 (B 4)	17:56	17	08:05 (L 4)	18:43	20:33	21:18	21:40
26	08:08	08:43 (L 3)	07:15	07:49 (L 4)	06:15	20:34	21:19	21:40		
	17:03	88	14:17 (B 4)	17:58	14	08:03 (L 4)	18:44	20:34	21:19	21:40
27	08:07	08:41 (L 3)	07:13	07:51 (L 4)	06:12	20:36	21:20	21:40		
	17:05	94	14:18 (B 4)	17:59	11	08:02 (L 4)	18:46	20:36	21:20	21:40
28	08:06	08:38 (L 3)	07:11	07:55 (L 4)	06:10	20:38	21:21	21:40		
	17:07	98	14:17 (B 4)	18:01	3	07:58 (L 4)	18:48	20:38	21:21	21:40
29	08:04	08:37 (L 3)				20:39	21:22	21:40		
	17:08	102	14:18 (B 4)			19:49	20:39	21:22	21:40	21:40
30	08:03	08:37 (L 3)				20:41	21:24	21:40		
	17:10	103	14:18 (B 4)			19:51	20:41	21:24	21:40	21:40
31	08:02	08:35 (L 3)					21:25	21:40		
	17:12	106	14:18 (B 4)			19:53		21:25	21:40	21:40
Sonnenscheinstunden		264	280	367	414	480	492			
astr.max.mögl.Beschattung		2528	1986	287						

30. Jan. 2012 130082

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

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



Projekt:  
**15-1-3008-004-DE-BLA**

Beschreibung:  
WP Brauerschwend Lauterbach im Vogelsbergkreis, Hessen

Lizenzierter Anwender:  
**CUBE Engineering GmbH**  
Breitscheidstraße 6  
DE-34119 Kassel  
+49 (0) 561 28 85 73 0  
Kirsten Ulner / k.ulner@cube-engineering.com  
Berechnet:  
20.11.2017 13:48/3.1.617



## SHADOW - Kalender

**Berechnung:** astron. max. mögl. Zusatzbelastung **Schattenrezeptor:** C1 - Deponiegelände, Empfangsgebäude  
**Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs**

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

	Jul	August	September	Oktober	November	Dezember		
1	05:14 21:39	05:48 21:09	06:35 20:10	07:22 19:03	07:50 (L 5) 17:00	08:02 (L 3) 13:44 (B 4)	08:02 16:22	12:36 (B 4)
2	05:14 21:39	05:50 21:08	06:37 20:08	07:23 19:01	07:54 (L 5) 17:00	08:02 (L 3) 13:44 (B 4)	08:03 16:21	12:37 (B 4)
3	05:15 21:39	05:51 21:06	06:39 20:06	07:25 18:59	07:16 16:56	08:01 (L 3) 13:45 (B 4)	08:04 16:21	12:37 (B 4)
4	05:16 21:38	05:53 21:05	06:40 20:04	07:27 18:57	07:18 16:55	08:02 (L 3) 13:45 (B 4)	08:06 16:20	12:38 (B 4)
5	05:17 21:38	05:54 21:03	06:42 20:01	07:28 18:54	07:20 16:53	08:02 (L 3) 13:46 (B 4)	08:07 16:20	12:38 (B 4)
6	05:17 21:37	05:56 21:01	06:43 19:59	07:30 18:52	07:21 16:51	08:03 (L 3) 13:47 (B 4)	08:08 16:19	12:39 (B 4)
7	05:18 21:37	05:57 21:00	06:45 19:57	07:31 18:50	07:23 16:50	08:03 (L 3) 13:47 (B 4)	08:09 16:19	12:40 (B 4)
8	05:19 21:36	05:59 20:58	06:46 19:55	07:33 18:48	07:25 16:48	08:04 (L 3) 13:48 (B 4)	08:11 16:19	12:40 (B 4)
9	05:20 21:36	06:00 20:56	06:48 19:53	07:35 18:46	07:27 16:46	08:05 (L 3) 13:49 (B 4)	08:12 16:18	12:41 (B 4)
10	05:21 21:35	06:02 20:54	06:49 19:50	07:36 18:43	07:28 16:45	08:05 (L 3) 13:48 (B 4)	08:13 16:18	12:41 (B 4)
11	05:22 21:34	06:03 20:52	06:51 19:48	07:38 18:41	07:30 16:43	08:06 (L 3) 13:49 (B 4)	08:14 16:18	12:42 (B 4)
12	05:23 21:34	06:05 20:51	06:52 19:46	07:39 18:39	07:32 16:42	08:08 (L 3) 13:49 (B 4)	08:15 16:18	12:42 (B 4)
13	05:24 21:33	06:06 20:49	06:54 19:44	07:41 18:37	07:33 16:41	08:09 (L 3) 13:50 (B 4)	08:16 16:18	12:43 (B 4)
14	05:25 21:32	06:08 20:47	06:55 19:41	07:43 18:35	07:35 16:39	08:11 (L 3) 13:50 (B 4)	08:17 16:18	12:44 (B 4)
15	05:26 21:31	06:09 20:45	06:57 19:39	07:44 18:33	07:37 16:38	08:14 (L 3) 13:51 (B 4)	08:18 16:18	12:44 (B 4)
16	05:27 21:30	06:11 20:43	06:58 19:37	07:46 18:31	07:38 16:37	08:16 (L 3) 13:51 (B 4)	08:18 16:18	12:45 (B 4)
17	05:28 21:29	06:12 20:41	07:00 19:35	07:48 18:29	07:40 16:35	08:20 (L 4) 13:52 (B 4)	08:19 16:18	12:45 (B 4)
18	05:30 21:28	06:14 20:39	07:02 19:32	07:49 18:27	07:42 16:34	08:22 (L 4) 13:53 (B 4)	08:20 16:19	12:46 (B 4)
19	05:31 21:27	06:15 20:37	07:03 19:30	07:51 18:25	07:43 16:33	08:24 (L 4) 13:54 (B 4)	08:21 16:19	12:47 (B 4)
20	05:32 21:26	06:17 20:35	07:05 19:28	07:53 18:23	07:45 16:32	08:26 (L 4) 13:55 (B 4)	08:22 16:20	12:48 (B 4)
21	05:33 21:25	06:18 20:33	07:06 19:26	07:54 18:21	07:47 16:30	08:28 (L 4) 13:56 (B 4)	08:23 16:20	12:49 (B 4)
22	05:35 21:23	06:20 20:31	07:08 19:23	07:56 18:19	07:48 16:29	08:30 (L 4) 13:57 (B 4)	08:24 16:20	12:50 (B 4)
23	05:36 21:22	06:22 20:29	07:09 19:21	07:58 18:17	07:50 16:28	08:32 (L 4) 13:58 (B 4)	08:25 16:21	12:51 (B 4)
24	05:37 21:21	06:23 20:27	07:11 19:19	07:59 18:15	07:51 16:27	08:34 (L 4) 13:59 (B 4)	08:26 16:21	12:52 (B 4)
25	05:39 21:20	06:25 20:25	07:12 19:17	08:01 17:13	07:53 16:26	08:36 (L 4) 14:00 (B 4)	08:27 16:22	12:53 (B 4)
26	05:40 21:18	06:26 20:23	07:14 19:14	08:03 17:11	07:54 16:25	08:38 (L 4) 14:01 (B 4)	08:28 16:22	12:54 (B 4)
27	05:41 21:17	06:28 20:21	07:16 19:12	08:05 17:09	07:56 16:25	08:40 (L 3) 14:02 (B 4)	08:29 16:23	12:55 (B 4)
28	05:43 21:15	06:29 20:19	07:17 19:10	08:07 17:07	07:57 16:24	08:42 (L 3) 14:03 (B 4)	08:30 16:24	12:56 (B 4)
29	05:44 21:14	06:31 20:17	07:19 19:08	08:09 17:05	07:59 16:23	08:44 (L 3) 14:04 (B 4)	08:31 16:25	12:57 (B 4)
30	05:46 21:13	06:32 20:14	07:20 19:05	08:11 17:03	08:00 16:22	08:46 (L 3) 14:05 (B 4)	08:32 16:26	12:58 (B 4)
31	05:47 21:11	06:34 20:12		08:13 17:02	08:02 (L 3) 14:06 (B 4)		08:33 16:27	12:59 (B 4)
Sonnenscheinstunden	496	450	380	333	271	250		
astr.max.mögl.Beschattung			287	977	2758	2269		

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

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

30. Jan. 2018 130083

Projekt:  
**15-1-3008-004-DE-BLA**

Beschreibung:  
WP Brauerschwend Lauterbach im  
Vogelsbergkreis, Hessen

Lizenzierter Anwender:  
**CUBE Engineering GmbH**  
Breitscheidstraße 6  
DE-34119 Kassel  
+49 (0) 561 28 85 73 0  
Kirsten Ulner / k.ulner@cube-engineering.com  
Berechnet:  
20.11.2017 13:48/3.1.617



## SHADOW - Kalender

**Berechnung:** astron. max. mögl. Zusatzbelastung **Schattenrezeptor:** D - Deponiegelände, Betriebsgebäude  
**Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs**

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 Sonneneinfallrichtung
- Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
1	08:25 16:28	13:02 (B 4) 13:57 (B 4)	08:00 17:14	12:54 (B 4) 18:03	07:09 14:20 (B 4)	07:38 (L 4) 19:54
2	08:25 16:29	13:02 (B 4) 13:58 (B 4)	07:59 17:15	12:54 (B 4) 18:05	07:07 14:19 (B 4)	07:38 (L 4) 19:56
3	08:25 16:30	13:02 (B 4) 13:59 (B 4)	07:57 17:17	12:53 (B 4) 18:06	07:05 14:18 (B 4)	07:39 (L 4) 19:57
4	08:25 16:31	13:02 (B 4) 14:00 (B 4)	07:56 17:19	12:54 (B 4) 18:08	07:03 14:16 (B 4)	07:41 (L 4) 19:59
5	08:24 16:32	13:02 (B 4) 14:01 (B 4)	07:54 17:21	12:53 (B 4) 18:10	07:01 14:15 (B 4)	07:43 (L 4) 20:01
6	08:24 16:33	13:01 (B 4) 14:02 (B 4)	07:52 17:23	12:54 (B 4) 18:11	07:00 14:14 (B 4)	07:44 (L 4) 20:02
7	08:24 16:35	13:01 (B 4) 14:03 (B 4)	07:51 17:24	12:54 (B 4) 18:13	06:59 14:13 (B 4)	07:45 (L 4) 20:04
8	08:23 16:36	13:01 (B 4) 14:04 (B 4)	07:49 17:26	12:54 (B 4) 18:15	06:58 14:12 (B 4)	07:46 (L 4) 20:05
9	08:23 16:37	13:01 (B 4) 14:06 (B 4)	07:48 17:28	12:54 (B 4) 18:16	06:57 14:11 (B 4)	07:47 (L 4) 20:07
10	08:23 16:39	13:00 (B 4) 14:06 (B 4)	07:46 17:30	12:54 (B 4) 18:18	06:56 14:10 (B 4)	07:48 (L 4) 20:09
11	08:22 16:40	13:00 (B 4) 14:07 (B 4)	07:44 17:31	12:54 (B 4) 18:20	06:55 14:09 (B 4)	07:49 (L 4) 20:10
12	08:21 16:41	13:00 (B 4) 14:09 (B 4)	07:42 17:33	12:54 (B 4) 18:21	06:54 14:08 (B 4)	07:50 (L 4) 20:12
13	08:21 16:43	13:00 (B 4) 14:10 (B 4)	07:41 17:35	12:54 (B 4) 18:23	06:53 14:07 (B 4)	07:51 (L 4) 20:14
14	08:20 16:44	12:59 (B 4) 14:11 (B 4)	07:39 17:37	12:54 (B 4) 18:25	06:52 14:06 (B 4)	07:52 (L 4) 20:15
15	08:19 16:46	12:59 (B 4) 14:11 (B 4)	07:37 17:38	12:54 (B 4) 18:26	06:51 14:05 (B 4)	07:53 (L 4) 20:17
16	08:19 16:47	12:59 (B 4) 14:12 (B 4)	07:35 17:40	12:54 (B 4) 18:28	06:50 14:04 (B 4)	07:54 (L 4) 20:18
17	08:18 16:49	12:58 (B 4) 14:13 (B 4)	07:33 17:42	12:54 (B 4) 18:30	06:49 14:03 (B 4)	07:55 (L 4) 20:20
18	08:17 16:50	12:58 (B 4) 14:14 (B 4)	07:31 17:44	12:54 (B 4) 18:31	06:48 14:02 (B 4)	07:56 (L 4) 20:22
19	08:16 16:52	12:58 (B 4) 14:15 (B 4)	07:29 17:46	12:54 (B 4) 18:33	06:47 14:01 (B 4)	07:57 (L 4) 20:23
20	08:15 16:53	12:57 (B 4) 14:17 (B 4)	07:27 17:47	12:54 (B 4) 18:35	06:46 14:00 (B 4)	07:58 (L 4) 20:25
21	08:14 16:55	12:57 (B 4) 14:18 (B 4)	07:25 17:49	12:54 (B 4) 18:36	06:45 13:59 (B 4)	07:59 (L 4) 20:26
22	08:13 16:57	12:57 (B 4) 14:19 (B 4)	07:23 17:51	12:54 (B 4) 18:38	06:44 13:58 (B 4)	08:00 (L 4) 20:28
23	08:12 16:58	12:56 (B 4) 14:19 (B 4)	07:21 17:53	12:54 (B 4) 18:40	06:43 13:57 (B 4)	08:01 (L 4) 20:30
24	08:11 17:00	12:56 (B 4) 14:20 (B 4)	07:19 17:54	12:54 (B 4) 18:41	06:42 13:56 (B 4)	08:02 (L 4) 20:31
25	08:09 17:02	12:56 (B 4) 14:21 (B 4)	07:17 17:56	12:54 (B 4) 18:43	06:41 13:55 (B 4)	08:03 (L 4) 20:33
26	08:08 17:03	12:55 (B 4) 14:21 (B 4)	07:15 17:58	12:54 (B 4) 18:44	06:40 13:54 (B 4)	08:04 (L 4) 20:34
27	08:07 17:05	12:55 (B 4) 14:22 (B 4)	07:13 17:59	12:54 (B 4) 18:46	06:39 13:53 (B 4)	08:05 (L 4) 20:36
28	08:06 17:07	12:54 (B 4) 14:23 (B 4)	07:11 18:01	12:54 (B 4) 18:48	06:38 13:52 (B 4)	08:06 (L 4) 20:38
29	08:04 17:08	12:55 (B 4) 14:24 (B 4)		12:54 (B 4) 18:49	06:37 13:51 (B 4)	08:07 (L 4) 20:40
30	08:03 17:10	12:54 (B 4) 14:24 (B 4)		12:54 (B 4) 19:51	06:36 13:50 (B 4)	08:08 (L 4) 20:41
31	08:02 17:12	12:54 (B 4) 14:25 (B 4)		12:54 (B 4) 19:53	06:35 13:49 (B 4)	08:09 (L 4) 20:42
	Sonnenscheinstunden astr.max.mögl.Beschattung	264 2280	280 3349	367 908	414 25	480 492

130084

30. Jan. 2013

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

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

Projekt:  
**15-1-3008-004-DE-BLA**

Beschreibung:  
WP Brauerschwend Lauterbach im Vogelsbergkreis, Hessen

Lizenzierter Anwender:  
**CUBE Engineering GmbH**  
Breitscheidstraße 6  
DE-34119 Kassel  
+49 (0) 561 28 85 73 0  
Kirsten Ulner / k.ulner@cube-engineering.com  
Berechnet:  
20.11.2017 13:48/3.1.617



## SHADOW - Kalender

**Berechnung:** astron. max. mögl. Zusatzbelastung **Schattenrezeptor: D - Deponiegelände, Betriebsgebäude**  
**Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs**

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

	Jul	August	September	Oktober	November	Dezember
1	05:14 21:39	05:48 21:09	06:35 20:10	07:22 19:03	07:13 17:00	08:02 16:22
2	05:14 21:39	05:50 21:08	06:37 20:08	07:23 19:01	07:15 16:58	08:03 16:21
3	05:15 21:39	05:51 21:06	06:39 20:06	07:25 18:59	14:12 (B 4) 14:30 (B 4)	07:16 07:53 (L 3)
4	05:16 21:38	05:53 21:05	06:40 20:04	07:27 18:57	07:18 16:55	08:04 16:20
5	05:17 21:38	05:54 21:03	06:42 20:01	07:28 18:54	07:20 16:53	08:07 16:20
6	05:17 21:37	05:56 21:01	06:43 19:59	07:30 18:52	07:21 16:51	08:08 16:19
7	05:18 21:37	05:57 21:00	06:45 19:57	07:31 18:50	07:23 16:50	08:09 16:19
8	05:19 21:36	05:59 20:58	06:46 19:55	07:33 18:48	07:25 16:48	08:11 16:19
9	05:20 21:36	06:00 20:56	06:48 19:53	07:35 18:46	07:27 16:46	08:12 16:18
10	05:21 21:35	06:02 20:54	06:49 19:50	07:36 07:44 (L 5)	07:28 08:14 (L 4)	08:13 12:24 (B 4)
11	05:22 21:34	06:03 20:52	06:51 19:48	18:43 07:53 (L 5)	07:30 08:13 (L 4)	16:18 12:25 (B 4)
12	05:23 21:34	06:05 20:51	06:52 19:46	18:41 07:39 (L 5)	07:32 08:11 (L 4)	16:18 12:26 (B 4)
13	05:24 21:33	06:06 20:49	06:54 19:44	18:39 07:37 (L 5)	07:33 08:10 (L 4)	16:18 12:27 (B 4)
14	05:25 21:32	06:08 20:47	06:55 19:41	18:37 07:35 (L 5)	07:35 08:10 (L 4)	16:18 12:27 (B 4)
15	05:26 21:31	06:09 20:45	06:57 19:39	18:35 07:36 (L 5)	07:37 08:09 (L 4)	16:18 12:28 (B 4)
16	05:27 21:30	06:11 20:43	06:58 19:37	18:33 07:35 (L 5)	07:38 08:11 (L 4)	16:18 12:28 (B 4)
17	05:29 21:29	06:12 20:41	07:00 19:35	18:31 07:59 (L 5)	07:40 08:13 (L 4)	16:18 12:29 (B 4)
18	05:30 21:28	06:14 20:39	07:02 19:32	18:29 07:34 (L 5)	07:42 14:57 (B 4)	16:18 12:30 (B 4)
19	05:31 21:27	06:15 20:37	07:03 19:30	18:27 07:58 (L 5)	07:43 14:55 (B 4)	16:18 12:31 (B 4)
20	05:32 21:26	06:17 20:35	07:05 19:28	18:25 07:35 (L 5)	07:45 08:18 (L 4)	16:19 12:32 (B 4)
21	05:33 21:25	06:18 20:33	07:06 19:26	18:23 07:54 (L 5)	07:47 08:20 (L 4)	16:19 12:33 (B 4)
22	05:35 21:23	06:20 20:31	07:08 19:23	18:21 07:35 (L 5)	07:48 14:58 (B 4)	16:20 12:33 (B 4)
23	05:36 21:22	06:22 20:29	07:09 19:21	18:19 07:54 (L 5)	07:50 14:58 (B 4)	16:20 12:35 (B 4)
24	05:37 21:21	06:23 20:27	07:11 19:19	18:17 07:37 (L 5)	07:51 08:46 (L 3)	16:21 12:35 (B 4)
25	05:39 21:20	06:25 20:25	07:12 19:17	18:15 07:49 (L 5)	07:52 14:58 (B 4)	16:21 12:35 (B 4)
26	05:40 21:18	06:26 20:23	07:14 19:14	18:13 07:01	07:53 07:47 (L 3)	16:22 12:36 (B 4)
27	05:41 21:17	06:28 20:21	07:16 19:12	18:11 17:13	07:54 13:58 (B 4)	16:22 12:38 (B 4)
28	05:43 21:15	06:29 20:19	07:17 19:10	18:09 17:11	07:55 13:59 (B 4)	16:23 12:38 (B 4)
29	05:44 21:14	06:31 20:17	07:19 19:08	18:07 17:07	07:56 13:58 (B 4)	16:24 12:39 (B 4)
30	05:46 21:13	06:32 20:14	07:20 19:05	18:05 17:05	07:57 13:58 (B 4)	16:24 12:40 (B 4)
31	05:47 21:11	06:34 20:12		18:03 17:03	07:59 13:58 (B 4)	16:25 12:41 (B 4)
				18:01 17:01	07:51 07:49 (L 3)	16:25 08:25
				17:59 17:02	13:58 (B 4)	16:27 13:56 (B 4)
Sonnenscheinstunden	496	450	380	333	271	250
astr.max.mögl.Beschattung			288	3028	2652	1684

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

130085

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

n. 2013

Projekt:  
**15-1-3008-004-DE-BLA**

Beschreibung:  
WP Brauerschwend Lauterbach im  
Vogelsbergkreis, Hessen

Lizenzierter Anwender:  
**CUBE Engineering GmbH**  
Breitscheidstraße 6  
DE-34119 Kassel  
+49 (0) 561 28 85 73 0  
Kirsten Ulner / k.ulner@cube-engineering.com  
Berechnet:  
20.11.2017 13:48/3.1.617



## SHADOW - Kalender

**Berechnung:** astron. max. mögl. Zusatzbelastung **Schattenrezeptor:** D1 - Deponiegelände, Betriebsgebäude  
**Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs**

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 Sonneneinfallrichtung  
Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
1	08:25 16:28	08:00 17:14	07:09 18:03	07:36 (L 4) 08:40 (L 3)	07:01 19:54	07:46 (L 5) 20:42
2	08:25 16:29	07:59 17:15	07:07 18:05	07:37 (L 4) 08:36 (L 3)	06:59 19:56	08:03 (L 5) 20:44
3	08:25 16:30	07:57 17:17	07:05 18:06	07:38 (L 4) 07:54 (L 4)	06:57 19:57	08:01 (L 5) 20:46
4	08:25 16:31	07:56 17:19	07:03 18:08	07:39 (L 4) 07:53 (L 4)	06:55 19:59	07:58 (L 5) 20:47
5	08:24 16:32	07:54 17:21	07:01 18:10	07:40 (L 4) 07:49 (L 4)	06:52 20:01	05:52 20:49
6	08:24 16:33	07:52 17:23	06:59 18:11	06:50 20:02	05:50 20:50	05:13 21:31
7	08:24 16:35	07:51 17:24	08:26 (L 3) 08:37 (L 3)	06:56 18:13	06:48 20:04	05:48 20:52
8	08:23 16:36	07:49 17:26	08:24 (L 3) 08:41 (L 3)	06:54 18:15	06:46 20:05	05:47 20:53
9	08:23 16:37	07:48 17:28	08:22 (L 3) 08:43 (L 3)	06:52 18:16	06:44 20:07	05:45 20:55
10	08:23 16:39	07:46 17:30	08:20 (L 3) 08:44 (L 3)	06:50 18:18	06:42 20:09	05:44 20:56
11	08:22 16:40	07:44 17:31	08:19 (L 3) 08:45 (L 3)	06:48 18:20	06:39 20:10	05:42 20:58
12	08:21 16:41	07:42 17:33	08:18 (L 3) 08:46 (L 3)	06:46 18:21	06:37 20:12	05:40 20:59
13	08:21 16:43	07:41 17:35	08:17 (L 3) 08:47 (L 3)	06:43 18:23	06:35 20:14	05:39 21:01
14	08:20 16:44	07:39 17:37	08:17 (L 3) 08:49 (L 3)	06:41 18:25	06:33 20:15	05:37 21:02
15	08:19 16:46	07:37 17:38	08:16 (L 3) 08:49 (L 3)	06:39 18:26	06:31 20:17	05:36 21:04
16	08:19 16:47	07:35 17:40	08:16 (L 3) 08:49 (L 3)	06:37 18:28	06:29 20:18	05:34 21:05
17	08:18 16:49	07:33 17:42	08:15 (L 3) 08:50 (L 3)	06:35 18:30	06:27 20:20	05:33 21:07
18	08:17 16:50	07:31 17:44	08:15 (L 3) 08:50 (L 3)	06:32 18:31	06:25 20:22	05:32 21:08
19	08:16 16:52	07:29 17:46	08:15 (L 3) 08:50 (L 3)	06:30 18:33	06:23 20:23	05:30 21:10
20	08:15 16:53	07:27 17:47	08:15 (L 3) 08:50 (L 3)	06:28 18:35	06:21 20:25	05:29 21:11
21	08:14 16:55	07:25 17:49	08:15 (L 3) 08:49 (L 3)	06:26 18:36	06:19 20:26	05:28 21:12
22	08:13 16:57	07:23 17:51	07:47 (L 4) 08:49 (L 3)	06:24 18:38	06:16 20:28	05:26 21:14
23	08:12 16:58	07:21 17:53	07:45 (L 4) 08:48 (L 3)	06:21 18:40	06:14 20:30	05:25 21:15
24	08:11 17:00	07:19 17:54	07:43 (L 4) 08:48 (L 3)	06:19 18:41	06:13 20:31	05:24 21:16
25	08:09 17:02	07:17 17:56	07:40 (L 4) 08:46 (L 3)	06:17 18:43	06:11 20:33	05:23 21:18
26	08:08 17:03	07:15 17:58	07:38 (L 4) 08:45 (L 3)	06:15 18:44	06:09 20:34	05:22 21:19
27	08:07 17:05	07:13 17:59	07:36 (L 4) 08:43 (L 3)	06:12 18:46	06:07 20:36	05:21 21:20
28	08:06 17:07	07:11 18:01	07:36 (L 4) 08:42 (L 3)	06:10 18:48	06:05 20:38	05:20 21:21
29	08:04 17:08		07:08 19:49	07:45 (L 5) 08:07 (L 5)	06:03 20:39	05:19 21:22
30	08:03 17:10		07:06 19:51	07:45 (L 5) 08:06 (L 5)	06:01 20:41	05:18 21:24
31	08:02 17:12		07:03 19:53	07:45 (L 5) 08:04 (L 5)		05:17 21:25
	264	280	367	414	480	492
		734	352	38		

130086  
30. Jan. 2013

Sonnenscheinstunden  
astr.max.mögl.Beschattung

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

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

Projekt:  
**15-1-3008-004-DE-BLA**

Beschreibung:  
WP Brauerschwend Lauterbach im Vogelsbergkreis, Hessen

Lizenzierter Anwender:  
**CUBE Engineering GmbH**  
Breitscheidstraße 6  
DE-34119 Kassel  
+49 (0) 561 28 85 73 0  
Kirsten Ulner / k.ulner@cube-engineering.com  
Berechnet:  
20.11.2017 13:48/3.1.617



## SHADOW - Kalender

**Berechnung:** astron. max. mögl. Zusatzbelastung **Schattenrezeptor:** D1 - Deponiegelände, Betriebsgebäude  
**Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs**

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

	Jul	August	September	Oktober	November	Dezember
1	05:14 21:39	05:48 21:09	06:35 20:10	07:22 19:03	07:13 17:00	08:02 16:22
2	05:14 21:39	05:50 21:08	06:37 20:08	07:23 19:01	23 07:15 16:58	08:03 16:21
3	05:15 21:39	05:51 21:06	06:39 20:06	07:25 18:59	20 07:16 16:56	08:04 16:21
4	05:16 21:38	05:53 21:05	06:40 20:04	07:27 18:57	16 07:18 16:55	08:06 16:20
5	05:17 21:38	05:54 21:03	06:42 20:01	07:28 18:54	9 07:20 16:53	08:07 16:20
6	05:17 21:37	05:56 21:01	06:43 19:59	07:30 18:52	07:21 16:51	08:08 16:19
7	05:18 21:37	05:57 21:00	06:45 19:57	07:31 18:50	07:23 16:50	08:09 16:19
8	05:19 21:36	05:59 20:58	06:46 19:55	07:33 18:48	08:18 (L 4) 07:25	08:11 16:19
9	05:20 21:36	06:00 20:56	06:48 19:53	07:35 18:46	5 08:23 (L 4) 07:27	08:12 16:18
10	05:21 21:35	06:02 20:54	06:49 19:50	7 07:45 (L 5) 07:35	12 08:26 (L 4) 16:46	08:13 16:18
11	05:22 21:34	06:03 20:52	06:51 19:48	13 07:54 (L 5) 07:38	15 08:27 (L 4) 16:45	08:14 16:18
12	05:23 21:34	06:05 20:51	06:52 19:46	17 07:56 (L 5) 07:38	22 09:07 (L 3) 16:43	08:15 16:18
13	05:24 21:33	06:06 20:49	06:54 19:44	20 07:57 (L 5) 18:39	33 09:11 (L 3) 16:42	08:16 16:18
14	05:25 21:32	06:08 20:47	06:55 19:41	22 07:58 (L 5) 18:37	40 09:14 (L 3) 16:41	08:17 16:18
15	05:26 21:31	06:09 20:45	06:57 19:39	22 07:57 (L 5) 18:35	44 09:16 (L 3) 16:39	08:18 16:18
16	05:27 21:30	06:11 20:43	06:58 19:37	23 07:58 (L 5) 18:33	46 09:16 (L 3) 16:38	08:18 16:18
17	05:29 21:29	06:12 20:41	07:00 19:35	23 07:57 (L 5) 18:29	46 09:17 (L 3) 16:36	08:19 16:18
18	05:30 21:28	06:14 20:39	07:02 19:32	23 07:56 (L 5) 18:27	44 09:18 (L 3) 16:35	08:20 16:19
19	05:31 21:27	06:15 20:37	07:03 19:30	23 07:55 (L 5) 18:25	43 09:19 (L 3) 16:34	08:21 16:19
20	05:32 21:26	06:17 20:35	07:05 19:28	22 07:56 (L 5) 18:23	41 09:19 (L 3) 16:33	08:21 16:19
21	05:33 21:25	06:18 20:33	07:06 19:26	21 07:54 (L 5) 18:21	38 09:19 (L 3) 16:32	08:22 16:20
22	05:35 21:23	06:20 20:31	07:08 19:23	20 07:54 (L 5) 18:19	35 09:20 (L 3) 16:30	08:22 16:20
23	05:36 21:22	06:22 20:29	07:09 19:21	16 07:51 (L 5) 18:17	35 09:20 (L 3) 16:29	08:23 16:21
24	05:37 21:21	06:23 20:27	07:11 19:19	12 07:49 (L 5) 18:15	35 09:19 (L 3) 16:28	08:23 16:21
25	05:39 21:20	06:25 20:25	07:12 19:17	4 07:44 (L 5) 18:13	35 09:19 (L 3) 16:27	08:24 16:22
26	05:40 21:18	06:26 20:23	07:14 19:14	07:01 17:13	34 08:19 (L 3) 16:26	08:24 16:22
27	05:41 21:17	06:28 20:21	07:16 19:12	07:03 17:11	34 08:19 (L 3) 16:25	08:24 16:23
28	05:43 21:15	06:29 20:19	07:17 19:10	07:04 17:09	32 08:18 (L 3) 16:25	08:25 16:24
29	05:44 21:14	06:31 20:17	07:19 19:08	07:06 17:07	32 08:17 (L 3) 16:24	08:25 16:25
30	05:46 21:13	06:32 20:14	07:20 19:05	07:08 17:05	30 08:16 (L 3) 16:23	08:25 16:26
31	05:47 21:11	06:34 20:12		07:10 17:03	30 08:16 (L 3) 16:22	08:25 16:27
Sonnenscheinstunden	496	450	380	333	271	250
astr.max.mögl.Beschattung			288	786	68	

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

130087

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

30. Jan. 2018

Projekt:  
**15-1-3008-004-DE-BLA**

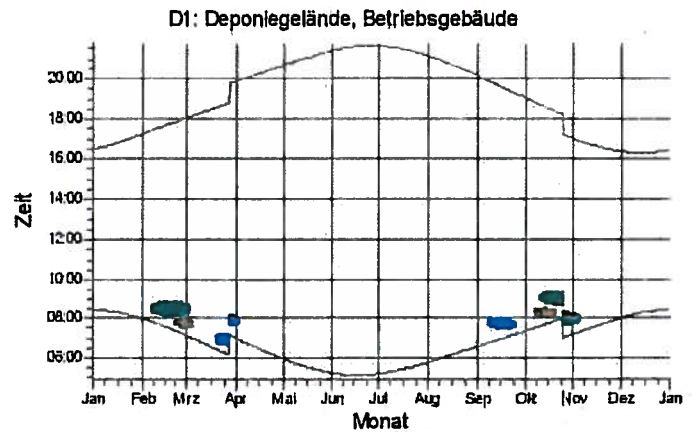
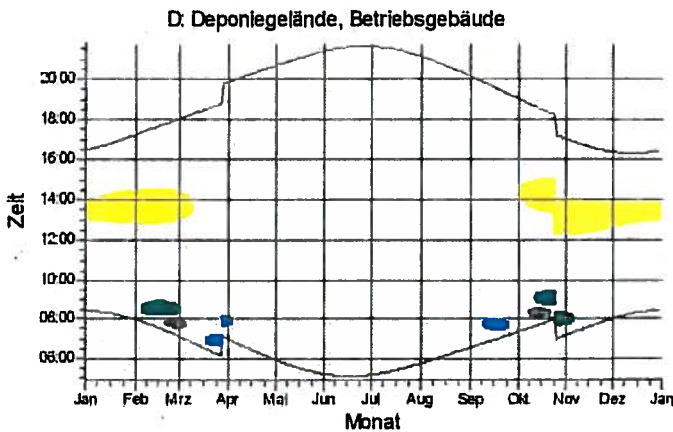
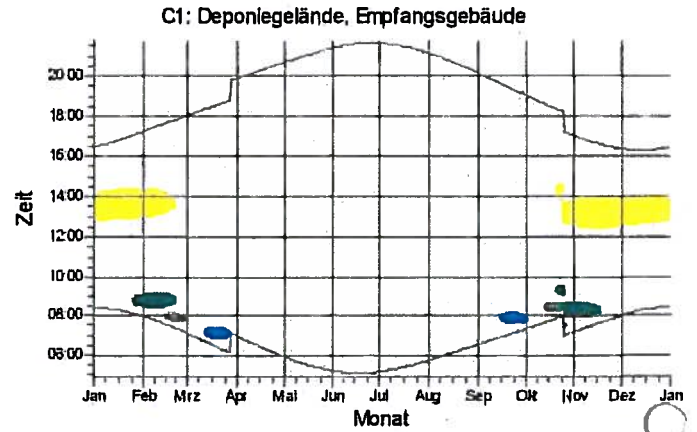
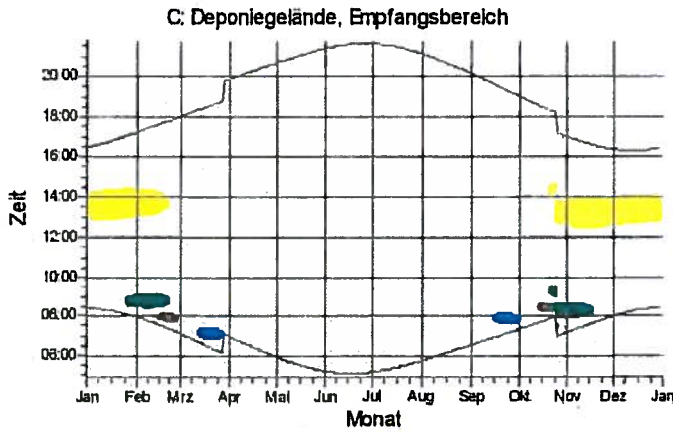
Beschreibung:  
WP Brauerschwend Lauterbach im  
Vogelsbergkreis, Hessen

Lizenzierter Anwender:  
**CUBE Engineering GmbH**  
Breitscheidstraße 6  
DE-34119 Kassel  
+49 (0) 561 28 85 73 0  
Kirsten Ulner / k.ulner@cube-engineering.com  
Berechnet:  
20.11.2017 13:48/3.1.617



## SHADOW - Grafischer Kalender

Berechnung: astron. max. mögl. Zusatzbelastung



WEA

- B 4: VESTAS V126-3.6 HTq 3600 126.0 IO! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (133)
- L 5: VESTAS V126-3.6 HTq 3600 126.0 IO! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (134)
- L 4: VESTAS V126-3.6 HTq 3600 126.0 IO! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (135)
- L 3: VESTAS V126-3.6 HTq 3600 126.0 IO! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (137)

130088

30. Jan. 2013

Projekt:  
**15-1-3008-004-DE-BLA**

Beschreibung:  
WP Brauerschwend Lauterbach im  
Vogelsbergkreis, Hessen

Lizenzierter Anwender:  
**CUBE Engineering GmbH**  
Breitscheidstraße 6  
DE-34119 Kassel  
+49 (0) 561 28 85 73 0  
Kirsten Ulner / k.ulner@cube-engineering.com  
Berechnet:  
20.11.2017 13:53/3.1.617



## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** met. wahrsch. Zusatzbelastung  
**Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs**

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

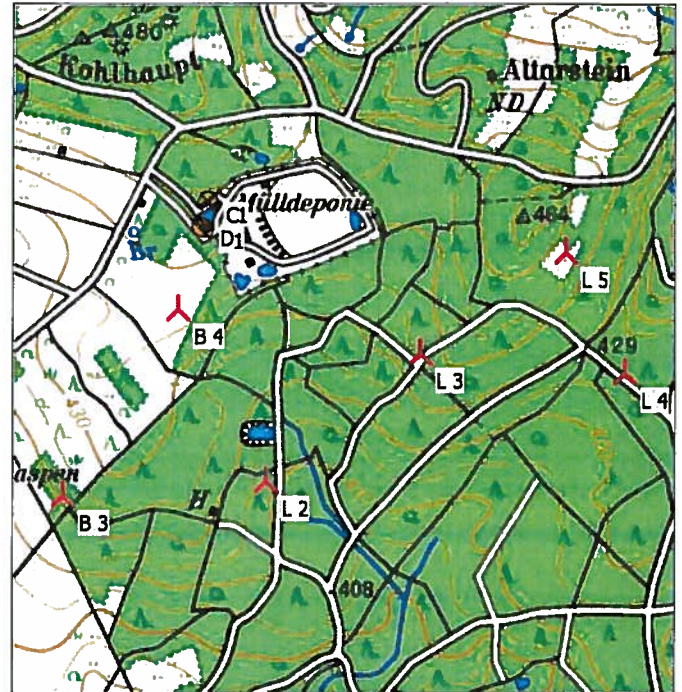
Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [GIESSEN]  
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez  
1,28 2,77 3,62 5,55 6,87 6,24 7,46 6,68 4,78 2,83 1,59 1,12

Betriebsstunden ermittelt aus WEA in Berechnung und Windverteilung:  
Terraindaten: ATLAS 12 Sektoren; Radius: 20.000 m (1)

Betriebsdauer je Sektor  
N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe  
426 499 477 483 399 691 664 1.105 1.541 1.063 485 255 8.090  
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: Lauterbach2.wpo (1)  
Hindernisse in Berechnung verwendet  
Augenhöhe: 1,5 m  
Rasterauflösung: 10,0 m

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



Maßstab 1:25.000  
Neue WEA Schattenrezeptor

### WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung [kW]	Rotor-durchmesser [m]	Nabenhöhe [m]	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich [m]	U/min [U/min]
B 3	525.462	5.615.663	422,1	VESTAS V126-3.6 ...	Ja	VESTAS	V126-3.6 HTq-3.600	3.600	126,0	137,0	1.718	12,1
B 4	525.840	5.616.280	436,6	VESTAS V126-3.6 ...	Ja	VESTAS	V126-3.6 HTq-3.600	3.600	126,0	137,0	1.718	12,1
L 2	526.131	5.615.713	411,0	VESTAS V126-3.6 ...	Ja	VESTAS	V126-3.6 HTq-3.600	3.600	126,0	137,0	1.718	12,1
L 3	526.642	5.616.135	435,3	VESTAS V126-3.6 ...	Ja	VESTAS	V126-3.6 HTq-3.600	3.600	126,0	137,0	1.718	12,1
L 4	527.318	5.616.071	428,1	VESTAS V126-3.6 ...	Ja	VESTAS	V126-3.6 HTq-3.600	3.600	126,0	137,0	1.718	12,1
L 5	527.124	5.616.466	444,8	VESTAS V126-3.6 ...	Ja	VESTAS	V126-3.6 HTq-3.600	3.600	126,0	137,0	1.718	12,1

### Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe über Grund	Azimutwinkel (von Süd)	Nelgung des Fensters	Ausrichtungsmodus
		[m]			[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	
C	Deponiegelände, Empfangsbereich	525.941	5.616.630	448,0	1,5	1,5	1,0	-38,9	90,0	Feste Richtung
C1	Deponiegelände, Empfangsgebäude	525.937	5.616.629	448,0	1,5	1,5	1,0	54,2	90,0	Feste Richtung
D	Deponiegelände, Betriebsgebäude	525.923	5.616.552	444,3	1,5	1,5	1,0	-115,1	90,0	Feste Richtung
D1	Deponiegelände, Betriebsgebäude	525.920	5.616.543	444,0	1,5	1,5	1,0	52,8	90,0	Feste Richtung

### Berechnungsergebnisse

Nr.	Name	met. wahrsch. Beschattungsdauer
		Stunden/Jahr [Std/Jahr]
C	Deponiegelände, Empfangsbereich	22:40
C1	Deponiegelände, Empfangsgebäude	16:49
D	Deponiegelände, Betriebsgebäude	5:56
D1	Deponiegelände, Betriebsgebäude	0:00

30. Jan. 2018 130089

Projekt:

**15-1-3008-004-DE-BLA**

Beschreibung:

WP Brauerschwend Lauterbach im  
Vogelsbergkreis, Hessen

Lizenzierter Anwender:

**CUBE Engineering GmbH**

Breitscheidstraße 6

DE-34119 Kassel

+49 (0) 561 28 85 73 0

Kirsten Ulner / k.ulner@cube-engineering.com

Berechnet:

20.11.2017 13:53/3.1.617



## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** met. wahrsch. Zusatzbelastung

Gesamtmenge der max. mögl. Beschattung an Rezeptoren pro WEA  
Nr. Name

Nr.	Name	Maximal [Std/Jahr]	Erwartet [Std/Jahr]
B 3	VESTAS V126-3.6 HTq 3600 126.0 !O! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (132)	0:00	0:00
B 4	VESTAS V126-3.6 HTq 3600 126.0 !O! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (133)	152:14	17:20
L 2	VESTAS V126-3.6 HTq 3600 126.0 !O! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (136)	0:00	0:00
L 3	VESTAS V126-3.6 HTq 3600 126.0 !O! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (137)	40:47	5:10
L 4	VESTAS V126-3.6 HTq 3600 126.0 !O! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (135)	10:23	1:29
L 5	VESTAS V126-3.6 HTq 3600 126.0 !O! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (134)	17:01	3:18

*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.*

130090 30. Jan. 2013



Projekt:  
**15-1-3008-004-DE-BLA**

Beschreibung:  
WP Brauerschwend Lauterbach im Vogelsbergkreis, Hessen

Lizenzierter Anwender:  
**CUBE Engineering GmbH**  
Breitscheidstraße 6  
DE-34119 Kassel  
+49 (0) 561 28 85 73 0  
Kirsten Ulner / k.ulner@cube-engineering.com  
Berechnet:  
20.11.2017 13:54/3.1.617



## SHADOW - Hauptergebnis

**Berechnung:** astron. max. mögl. Zusatzbelastung ohne WEA B4 und L3

### Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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 Sonneneinstrahlungsrichtung  
Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

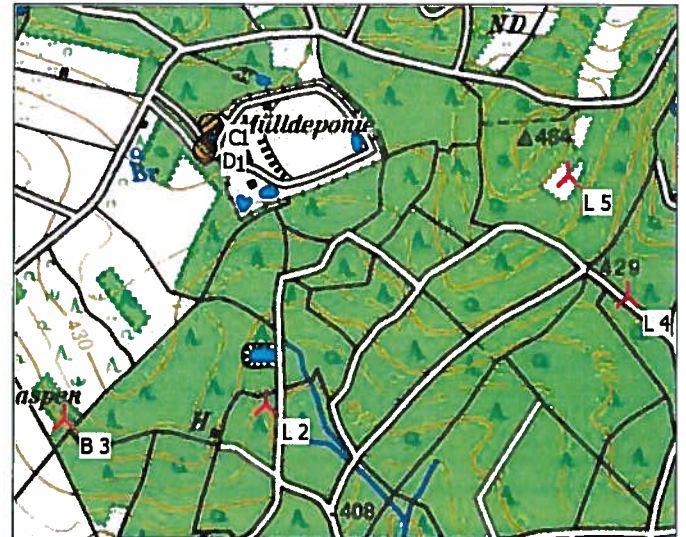
Eine WEA wird nicht berücksichtigt, wenn sie von keinem Teil der Rezeptorfläche aus sichtbar ist. Die Sichtbarkeitsberechnung basiert auf den folgenden Annahmen:

Verwendete Höhenlinien: Höhenlinien: Lauterbach2.wpo (1)  
Hindernisse in Berechnung verwendet  
Augenhöhe: 1,5 m  
Rasterauflösung: 10,0 m

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

### WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung [kW]	Rotor-durchmesser [m]	Nabenhöhe [m]	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich [m]	U/min
B 3	525.462	5.615.663	422,1	VESTAS V126-3.6 ...	Ja	VESTAS	V126-3.6 HTq-3.600	3.600	126,0	137,0	1.718	12,1
L 2	526.131	5.615.713	411,0	VESTAS V126-3.6 ...	Ja	VESTAS	V126-3.6 HTq-3.600	3.600	126,0	137,0	1.718	12,1
L 4	527.318	5.616.071	428,1	VESTAS V126-3.6 ...	Ja	VESTAS	V126-3.6 HTq-3.600	3.600	126,0	137,0	1.718	12,1
L 5	527.124	5.616.466	444,8	VESTAS V126-3.6 ...	Ja	VESTAS	V126-3.6 HTq-3.600	3.600	126,0	137,0	1.718	12,1



Maßstab 1:25.000  
Neue WEA Schattenrezeptor

### Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe über Grund	Azimutwinkel (von Süd)	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	
C	Deponiegelände, Empfangsbereich	525.941	5.616.630	448,0	0,1	0,1	2,0	-38,9	0,0	"Gewächshaus-Modus"
C1	Deponiegelände, Empfangsgebäude	525.937	5.616.629	448,0	0,1	0,1	2,0	-38,9	0,0	"Gewächshaus-Modus"
D	Deponiegelände, Betriebsgebäude	525.923	5.616.552	444,3	0,1	0,1	2,0	-115,1	0,0	"Gewächshaus-Modus"
D1	Deponiegelände, Betriebsgebäude	525.920	5.616.543	444,0	0,1	0,1	2,0	-115,1	0,0	"Gewächshaus-Modus"

### Berechnungsergebnisse

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer		
		Stunden/Jahr [Std/Jahr]	Schattentage/a [Tage/Jahr]	Max.Schatten Stunden/Tag [Std/Tag]
C	Deponiegelände, Empfangsbereich	15:37	57	0:24
C1	Deponiegelände, Empfangsgebäude	15:26	57	0:24
D	Deponiegelände, Betriebsgebäude	15:32	56	0:24
D1	Deponiegelände, Betriebsgebäude	15:27	56	0:24

Gesamtmenge der max. mögl. Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal [Std/Jahr]
B 3	VESTAS V126-3.6 HTq 3600 126.0 !O! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (132)	0:00
L 2	VESTAS V126-3.6 HTq 3600 126.0 !O! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (136)	0:00
L 4	VESTAS V126-3.6 HTq 3600 126.0 !O! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (135)	10:43
L 5	VESTAS V126-3.6 HTq 3600 126.0 !O! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (134)	17:41

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.

30. Jan. 2013 130091

Schattenintensität / Verdeckungsgrad der Sonne

Letzte Änderung: 05.12.2013

WKA Daten	
Hersteller	Vestas
Typ	V126
Rotordurchmesser	126
Nabenhöhe	137
mittl. Blatttiefe	2,53
Max. Blatttiefe *	4
Min. Blatttiefe (R=90%)	1,05
Drehzahl [U/min] von	5,3
Drehzahl [U/min] bis/und	16,5

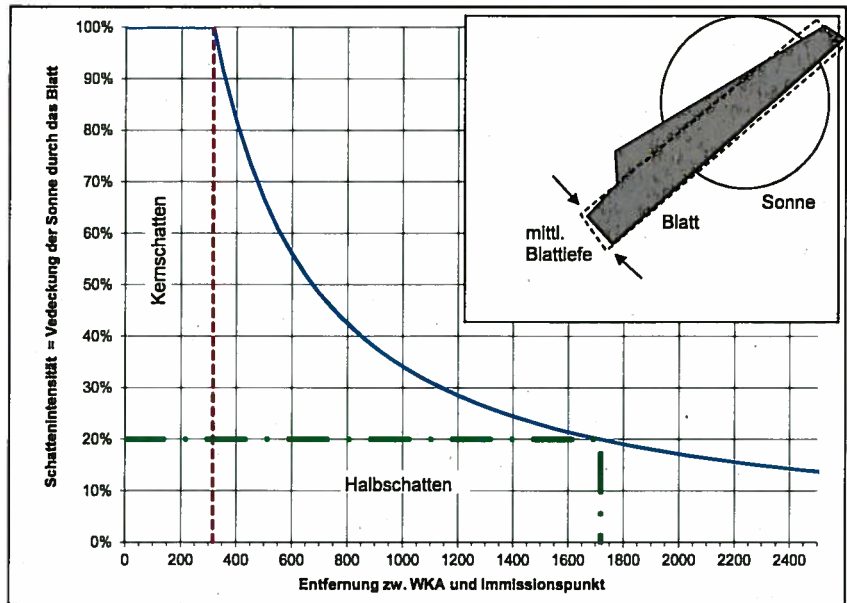
\*die Tiefe des Blatts auf die Rotorebene projiziert, um die sichtbare mittlere Blatttiefe darzustellen

Schattenwurfgrößen		
Länge ab Gondel	Kernschatten	344,8
Länge ab WKA-Fuß	Kernschatten	316,4
Länge ab Gondel bei Verdeckung	20%	1723,9
Länge ab Gondel bei Verdeckung	15%	2298,5
Länge ab Mastfuß bei Verdeckung	20%	1718,4
Schattenwurf bei 3° Sonnenhöhe		2614,1
Schattenfrequenz [Hz]	von	0,3
Schattenfrequenz [Hz]	bis / und	0,8

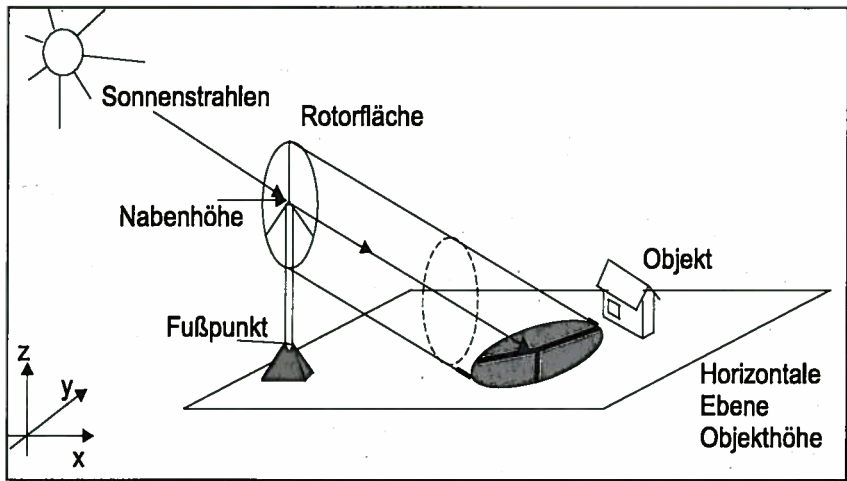
Grundlage	
adapt. Sonnendurchm.	1097780
Entfernung	149597890
Einstrahlwinkel	0,420
Min. Sonnenhöhe / °	3
Zuschaltwindgeschw. [m/s]	3

Alle Angaben in m

Entfernung	Intensität	Schattengeschwindigkeit
0	100,0%	0,60 m/min
160	100,0%	0,92 m/min
316	100,0%	1,50 m/min
350	91,7%	1,64 m/min
400	81,5%	1,84 m/min
450	73,3%	2,05 m/min
500	66,5%	2,26 m/min
550	60,8%	2,47 m/min
600	56,0%	2,69 m/min
650	51,9%	2,90 m/min
700	48,3%	3,11 m/min
750	45,2%	3,33 m/min
800	42,5%	3,54 m/min
850	40,0%	3,76 m/min
900	37,9%	3,97 m/min
950	35,9%	4,19 m/min
1000	34,2%	4,40 m/min
1050	32,6%	4,62 m/min
1100	31,1%	4,84 m/min
1150	29,8%	5,05 m/min
1200	28,5%	5,27 m/min
1250	27,4%	5,49 m/min
1300	26,4%	5,70 m/min
1350	25,4%	5,92 m/min
1400	24,5%	6,14 m/min
1450	23,7%	6,35 m/min
1500	22,9%	6,57 m/min
1550	22,2%	6,79 m/min
1600	21,5%	7,01 m/min
1650	20,8%	7,22 m/min
1700	20,2%	7,44 m/min
1750	19,6%	7,66 m/min
1800	19,1%	7,88 m/min
1850	18,6%	8,09 m/min
1900	18,1%	8,31 m/min
1950	17,6%	8,53 m/min
2000	17,2%	8,75 m/min
2050	16,8%	8,96 m/min
2100	16,4%	9,18 m/min
2150	16,0%	9,40 m/min
2200	15,6%	9,62 m/min
2250	15,3%	9,84 m/min
2300	15,0%	10,05 m/min
2350	14,6%	10,27 m/min
2400	14,3%	10,49 m/min
2450	14,1%	10,71 m/min
2500	13,8%	10,92 m/min
2550	13,5%	11,14 m/min
2600	13,2%	11,36 m/min



Intensität des Schattens in Abhängigkeit der Entfernung bei einer Vestas V126 mit 137m Nabenhöhe und 2,53m mittlerer Blatttiefe



Schattenwurf bei Windkraftanlagen

130092 30. Jan. 2013

Schattenintensität / Verdeckungsgrad der Sonne

Letzte Änderung: 27.10.2010

WKA Daten	
Hersteller	Fuhränder
Typ	FL MD 77
Rotordurchmesser	77
Nabenhöhe	85
mittl. Blatttiefe	2,08
Max. Blatttiefe*	3,18
Min. Blatttiefe (R=90%)	0,98
Drehzahl [U/min] von	9,9
Drehzahl [U/min]bis/und	17,3

\*die Tiefe des Blatts auf die Rotorebene projiziert, um die sichtbare mittlere Blatttiefe darzustellen

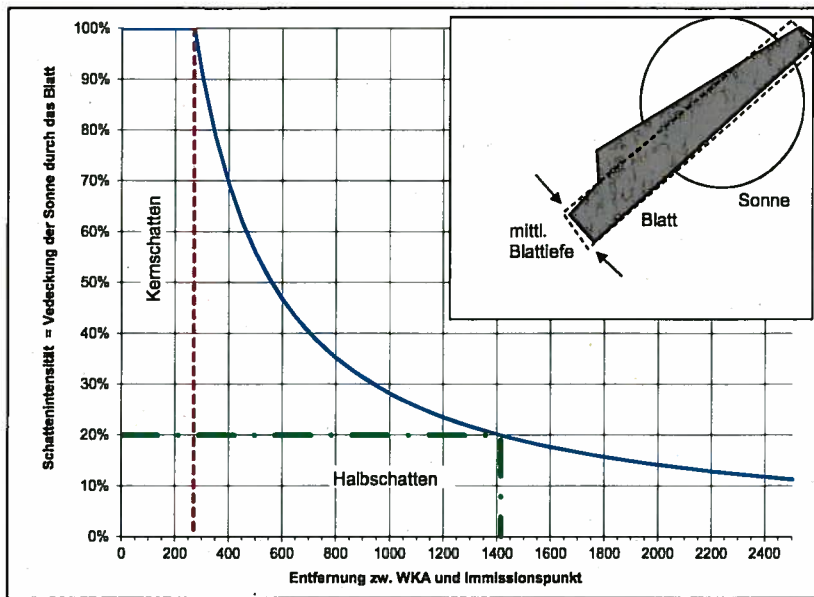
Schattenwurfgrößen		
Länge ab Gondel	Kernschatten	283,4
Länge ab WKA-Fuß	Kernschatten	270,4
Länge ab Gondel bei Verdeckung	20%	1417,2
Länge ab Gondel bei Verdeckung	15%	1889,7
Länge ab Mastfuß bei Verdeckung	20%	1414,7
Schattenwurf bei 3° Sonnenhöhe		1621,9
Schattenfrequenz [Hz] von		0,5
Schattenfrequenz [Hz] bis / und		0,9

Gründlage	
adapt. Sonnendurchm.	1097780
Entfernung	149597890
Einstrahlwinkel	0,420
Min. Sonnenhöhe / °	3

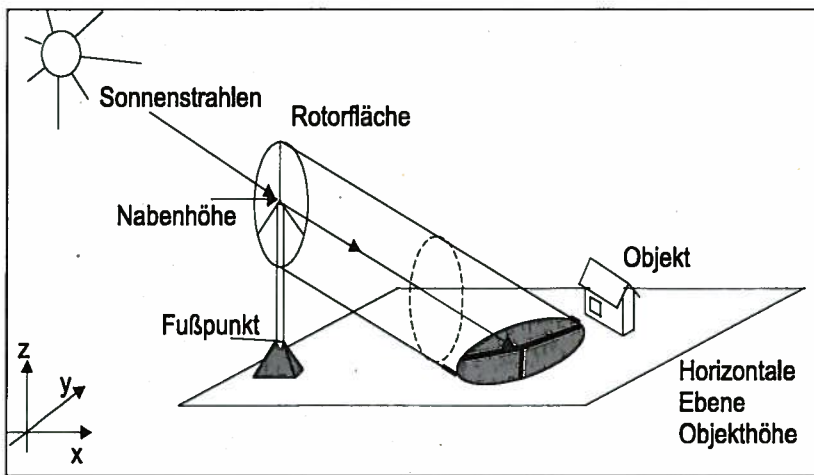
Zuschaltwindgeschw. [m/s]	2,5
---------------------------	-----

Alle Angaben in m

Entfernung	Intensität	Schattengeschwindigkeit
0	100,0%	0,37 m/min
140	100,0%	0,71 m/min
270	100,0%	1,24 m/min
300	90,9%	1,36 m/min
350	78,7%	1,57 m/min
400	69,3%	1,78 m/min
450	61,9%	2,00 m/min
500	55,9%	2,21 m/min
550	50,9%	2,43 m/min
600	46,8%	2,64 m/min
650	43,2%	2,86 m/min
700	40,2%	3,08 m/min
750	37,6%	3,29 m/min
800	35,2%	3,51 m/min
850	33,2%	3,73 m/min
900	31,4%	3,94 m/min
950	29,7%	4,16 m/min
1000	28,2%	4,38 m/min
1050	26,9%	4,60 m/min
1100	25,7%	4,81 m/min
1150	24,6%	5,03 m/min
1200	23,6%	5,25 m/min
1250	22,6%	5,47 m/min
1300	21,8%	5,68 m/min
1350	21,0%	5,90 m/min
1400	20,2%	6,12 m/min
1450	19,5%	6,34 m/min
1500	18,9%	6,56 m/min
1550	18,3%	6,77 m/min
1600	17,7%	6,99 m/min
1650	17,2%	7,21 m/min
1700	16,7%	7,43 m/min
1750	16,2%	7,64 m/min
1800	15,7%	7,86 m/min
1850	15,3%	8,08 m/min
1900	14,9%	8,30 m/min
1950	14,5%	8,52 m/min
2000	14,2%	8,73 m/min
2050	13,8%	8,95 m/min
2100	13,5%	9,17 m/min
2150	13,2%	9,39 m/min
2200	12,9%	9,61 m/min
2250	12,6%	9,82 m/min
2300	12,3%	10,04 m/min
2350	12,1%	10,26 m/min
2400	11,8%	10,48 m/min
2450	11,6%	10,70 m/min
2500	11,3%	10,91 m/min
2550	11,1%	11,13 m/min



Intensität des Schattens in Abhängigkeit der Entfernung bei einer Fuhränder FL MD 77 mit 85m Nabenhöhe und 2,08m mittlerer Blatttiefe



Schattenwurf bei Windkraftanlagen

130093

30. Jan. 2010

Schattenintensität / Verdeckungsgrad der Sonne

Letzte Änderung: 04.11.2012

WKA Daten	
Hersteller	Enercon
Typ	E-92
Rotordurchmesser	92
Nabenhöhe	138,4
mittl. Blatttiefe	2,23
Max. Blatttiefe*	3,63
Min. Blatttiefe (R=90°)	0,83
Drehzahl [U/min] von	5
Drehzahl [U/min] bis/und	16

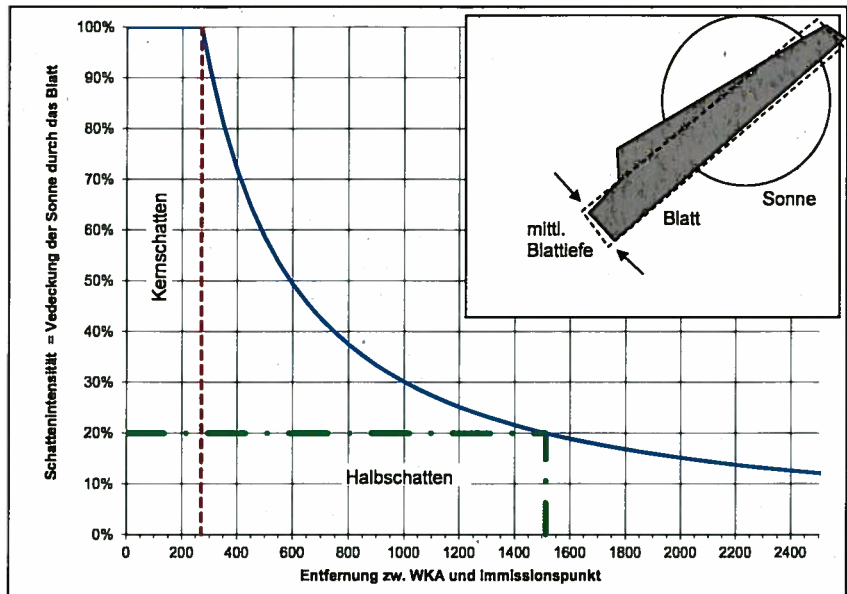
\*die Tiefe des Blatts auf die Rotorebene projiziert, um die sichtbare mittlere Blatttiefe darzustellen

Schattenwurfgrößen		
Länge ab Gondel	Kernschatten	303,9
Länge ab WKA-Fuß	Kernschatten	270,5
Länge ab Gondel bei Verdeckung	20%	1519,4
Länge ab Gondel bei Verdeckung	15%	2025,9
Länge ab Mastfuß bei Verdeckung	20%	1513,1
Schattenwurf bei 3° Sonnenhöhe		2640,8
Schattenfrequenz [Hz] von		0,3
Schattenfrequenz [Hz] bis / und		0,8

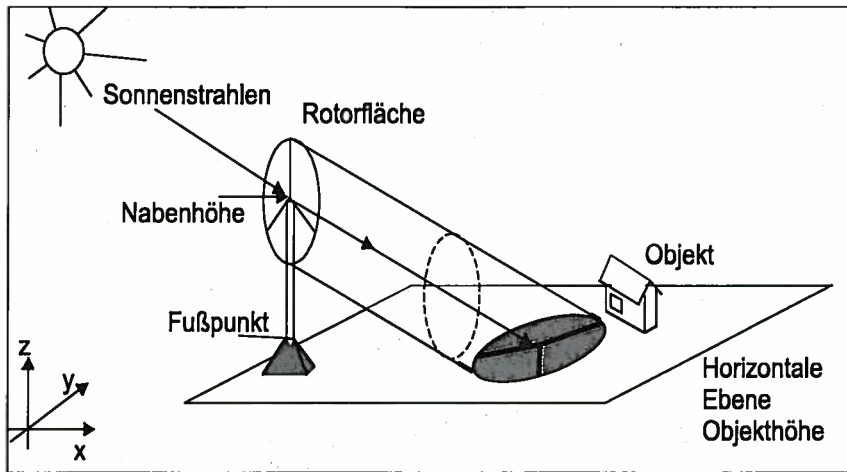
Gründlage	
adapt. Sonnendurchm.	1097780
Entfernung	149597890
Einstrahlwinkel	0,420
Min. Sonnenhöhe / °	3
Zuschaltwindgeschw. [m/s]	2,5

Alle Angaben in m

Entfernung	Intensität	Schattengeschwindigkeit
0	100,0%	0,60 m/min
140	100,0%	0,86 m/min
271	100,0%	1,33 m/min
300	92,0%	1,44 m/min
350	80,7%	1,64 m/min
400	71,8%	1,85 m/min
450	64,5%	2,05 m/min
500	58,6%	2,26 m/min
550	53,6%	2,47 m/min
600	49,4%	2,69 m/min
650	45,7%	2,90 m/min
700	42,6%	3,11 m/min
750	39,8%	3,33 m/min
800	37,4%	3,54 m/min
850	35,3%	3,76 m/min
900	33,4%	3,97 m/min
950	31,7%	4,19 m/min
1000	30,1%	4,40 m/min
1050	28,7%	4,62 m/min
1100	27,4%	4,84 m/min
1150	26,2%	5,05 m/min
1200	25,2%	5,27 m/min
1250	24,2%	5,49 m/min
1300	23,2%	5,70 m/min
1350	22,4%	5,92 m/min
1400	21,6%	6,14 m/min
1450	20,9%	6,36 m/min
1500	20,2%	6,57 m/min
1550	19,5%	6,79 m/min
1600	18,9%	7,01 m/min
1650	18,4%	7,22 m/min
1700	17,8%	7,44 m/min
1750	17,3%	7,66 m/min
1800	16,8%	7,88 m/min
1850	16,4%	8,09 m/min
1900	16,0%	8,31 m/min
1950	15,5%	8,53 m/min
2000	15,2%	8,75 m/min
2050	14,8%	8,97 m/min
2100	14,4%	9,18 m/min
2150	14,1%	9,40 m/min
2200	13,8%	9,62 m/min
2250	13,5%	9,84 m/min
2300	13,2%	10,05 m/min
2350	12,9%	10,27 m/min
2400	12,6%	10,49 m/min
2450	12,4%	10,71 m/min
2500	12,1%	10,93 m/min
2550	11,9%	11,14 m/min



Intensität des Schattens in Abhängigkeit der Entfernung bei einer Enercon E-92 mit 138,4m Nabenhöhe und 2,23m mittlerer Blatttiefe



Schattenwurf bei Windkraftanlagen

130094

30. Jan. 2010

Schattenintensität / Verdeckungsgrad der Sonne

Letzte Änderung: 12.08.2010

WKA Daten	
Hersteller	Enercon
Typ	E-40-6.44
Rotordurchmesser	44
Nabenhöhe	78
mittl. Blatttiefe	1,23
Max. Blatttiefe*	1,97
Min. Blatttiefe (R=90°)	0,49
Drehzahl [U/min] von	18
Drehzahl [U/min] bis/und	34,5

\*die Tiefe des Blatts auf die Rotorebene projiziert, um die sichtbare mittlere Blatttiefe darzustellen

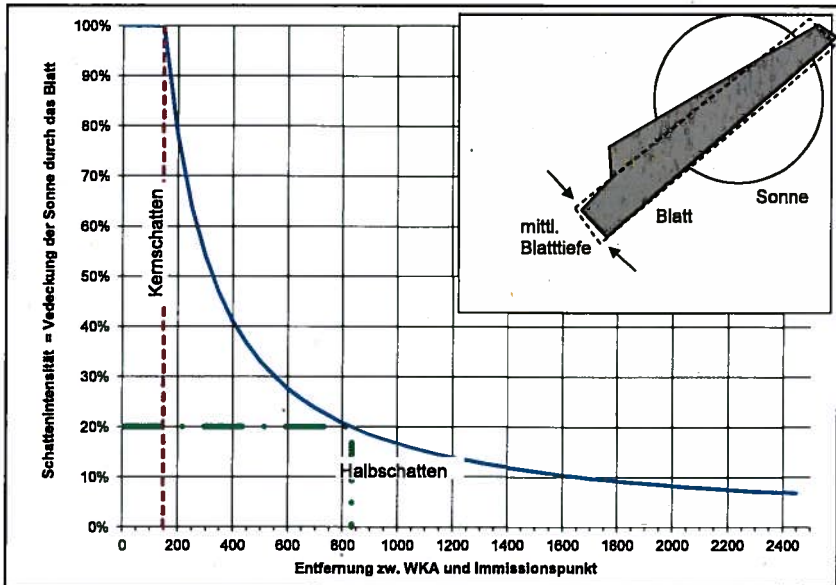
Schattenwürfgrößen		
Länge ab Gondel	Kernschatten	167,6
Länge ab WKA-Fuß	Kernschatten	148,4
Länge ab Gondel bei Verdeckung	20%	838,1
Länge ab Gondel bei Verdeckung	15%	1117,4
Länge ab Mastfuß bei Verdeckung	20%	834,4
Schattenwurf bei 3° Sonnenhöhe		1488,3
Schattenfrequenz [Hz]	von	0,9
Schattenfrequenz [Hz]	bis / und	1,7

Grundlage	
adapt. Sonnendurchm.	1097780
Entfernung	149597890
Einstrahlwinkel	0,420
Min. Sonnenhöhe / °	3

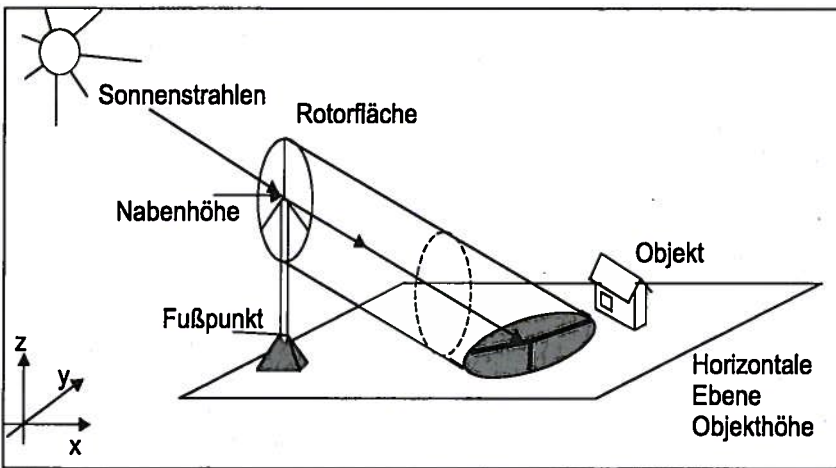
Zuschaltwindgeschw. [m/s]	2,5
---------------------------	-----

Alle Angaben in m

Entfernung	Intensität	Schattengeschwindigkeit
0	100,0%	0,34 m/min
80	100,0%	0,49 m/min
148	100,0%	0,73 m/min
200	78,1%	0,94 m/min
250	64,0%	1,14 m/min
300	54,1%	1,35 m/min
350	46,7%	1,56 m/min
400	41,1%	1,78 m/min
450	36,7%	1,99 m/min
500	33,1%	2,21 m/min
550	30,2%	2,42 m/min
600	27,7%	2,64 m/min
650	25,6%	2,86 m/min
700	23,8%	3,07 m/min
750	22,2%	3,29 m/min
800	20,9%	3,51 m/min
850	19,6%	3,72 m/min
900	18,6%	3,94 m/min
950	17,6%	4,16 m/min
1000	16,7%	4,38 m/min
1050	15,9%	4,59 m/min
1100	15,2%	4,81 m/min
1150	14,5%	5,03 m/min
1200	13,9%	5,25 m/min
1250	13,4%	5,46 m/min
1300	12,9%	5,68 m/min
1350	12,4%	5,90 m/min
1400	12,0%	6,12 m/min
1450	11,5%	6,34 m/min
1500	11,2%	6,55 m/min
1550	10,8%	6,77 m/min
1600	10,5%	6,99 m/min
1650	10,1%	7,21 m/min
1700	9,8%	7,43 m/min
1750	9,6%	7,64 m/min
1800	9,3%	7,86 m/min
1850	9,1%	8,08 m/min
1900	8,8%	8,30 m/min
1950	8,6%	8,52 m/min
2000	8,4%	8,73 m/min
2050	8,2%	8,95 m/min
2100	8,0%	9,17 m/min
2150	7,8%	9,39 m/min
2200	7,6%	9,61 m/min
2250	7,4%	9,82 m/min
2300	7,3%	10,04 m/min
2350	7,1%	10,26 m/min
2400	7,0%	10,48 m/min
2450	6,8%	10,70 m/min



Intensität des Schattens in Abhängigkeit der Entfernung bei einer Enercon E-40-6.44 mit 78m Nabenhöhe und 1,23m mittlerer Blatttiefe



Schattenwurf bei Windkraftanlagen

130095

30. Jan. 2010

Schattenintensität / Verdeckungsgrad der Sonne

Letzte Änderung: 13.05.2014

WKA Daten	
Hersteller	DeWind
Typ	D4/48
Rotordurchmesser	48
Nabenhöhe	70
mittl. Blatttiefe	1,3
Max. Blatttiefe*	2,2
Min. Blatttiefe (R=90%)	0,4
Drehzahl [U/min] von	15
Drehzahl [U/min] bis/und	29,2

\*die Tiefe des Blatts auf die Rotorebene projiziert, um die sichtbare mittlere Blatttiefe darzustellen

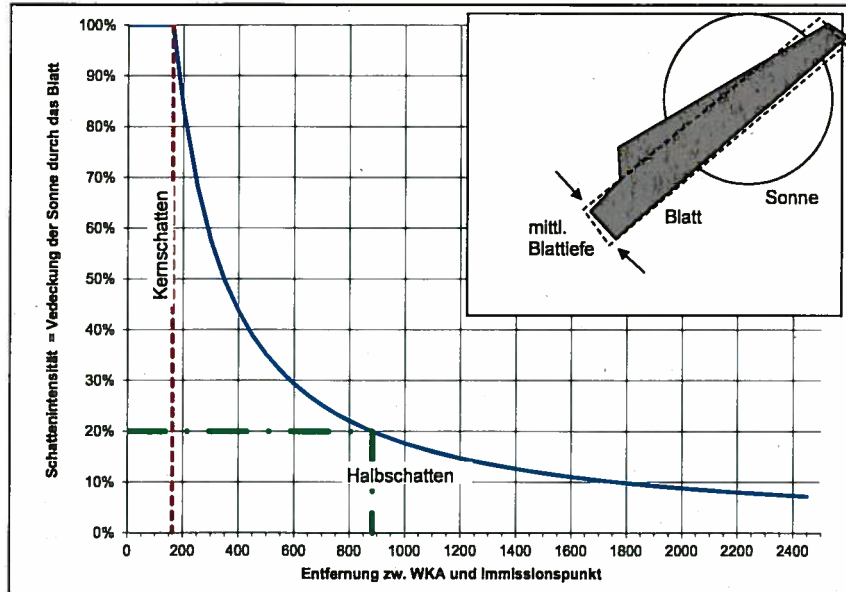
Schattenwurfgrößen		
Länge ab Gondel	Kernschatten	177,2
Länge ab WKA-Fuß	Kernschatten	162,7
Länge ab Gondel bei Verdeckung	20%	885,8
Länge ab Gondel bei Verdeckung	15%	1181,0
Länge ab Mastfuß bei Verdeckung	20%	883,0
Schattenwurf bei 3° Sonnenhöhe		1335,7
Schattenfrequenz [Hz] von		0,8
Schattenfrequenz [Hz] bis / und		1,5

Grundlage	
adapt. Sonnendurchm.	1097780
Entfernung	149597890
Einstrahlwinkel	0,420
Min. Sonnenhöhe / °	3

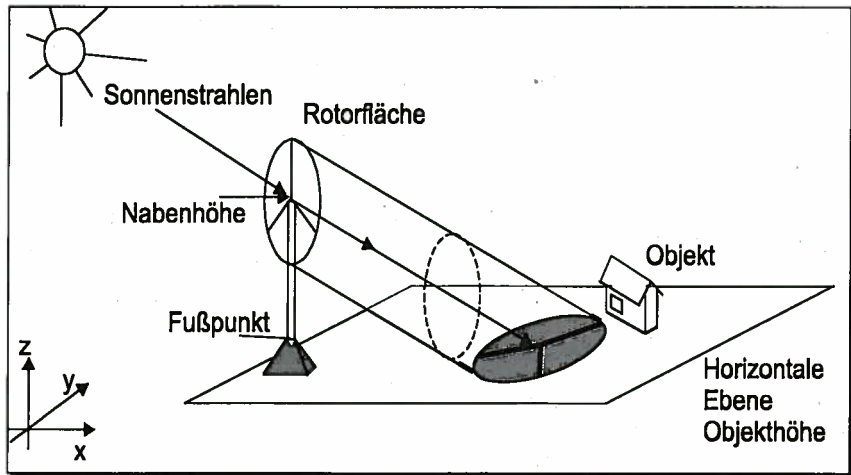
Zuschaltwindgeschw. [m/s]	
---------------------------	--

Alle Angaben in m

Entfernung	Intensität	Schattengeschwindigkeit
0	100,0%	0,31 m/min
80	100,0%	0,46 m/min
163	100,0%	0,77 m/min
200	83,6%	0,92 m/min
250	68,2%	1,13 m/min
300	57,5%	1,34 m/min
350	49,6%	1,56 m/min
400	43,6%	1,77 m/min
450	38,9%	1,99 m/min
500	35,1%	2,20 m/min
550	32,0%	2,42 m/min
600	29,3%	2,64 m/min
650	27,1%	2,85 m/min
700	25,2%	3,07 m/min
750	23,5%	3,29 m/min
800	22,1%	3,50 m/min
850	20,8%	3,72 m/min
900	19,6%	3,94 m/min
950	18,6%	4,16 m/min
1000	17,7%	4,37 m/min
1050	16,8%	4,59 m/min
1100	16,1%	4,81 m/min
1150	15,4%	5,03 m/min
1200	14,7%	5,24 m/min
1250	14,2%	5,46 m/min
1300	13,6%	5,68 m/min
1350	13,1%	5,90 m/min
1400	12,6%	6,12 m/min
1450	12,2%	6,33 m/min
1500	11,8%	6,55 m/min
1550	11,4%	6,77 m/min
1600	11,1%	6,99 m/min
1650	10,7%	7,21 m/min
1700	10,4%	7,42 m/min
1750	10,1%	7,64 m/min
1800	9,8%	7,86 m/min
1850	9,6%	8,08 m/min
1900	9,3%	8,30 m/min
1950	9,1%	8,51 m/min
2000	8,9%	8,73 m/min
2050	8,6%	8,95 m/min
2100	8,4%	9,17 m/min
2150	8,2%	9,39 m/min
2200	8,0%	9,60 m/min
2250	7,9%	9,82 m/min
2300	7,7%	10,04 m/min
2350	7,5%	10,26 m/min
2400	7,4%	10,48 m/min
2450	7,2%	10,69 m/min



Intensität des Schattens in Abhängigkeit der Entfernung bei einer DeWind D4/48 mit 70m Nabenhöhe und 1,3m mittlerer Blatttiefe



Schattenwurf bei Windkraftanlagen

130096

30. Jan. 2013

# Anlage zur Schattenwurfprognose der CUBE Engineering GmbH

## Inhalt:

<b>1</b>	<b>THEORETISCHE GRUNDLAGEN</b>	<b>II</b>
<b>1.1</b>	<b>Sonnenstand</b>	<b>II</b>
<b>1.2</b>	<b>Schattenwurf</b>	<b>IV</b>
1.2.1	Beschattungsbereich einer WEA	IV
1.2.2	Schattenverlauf, Berechnung	V
1.2.3	Richtlinien	VI
<b>1.3</b>	<b>Wahrscheinlichkeitsbetrachtung</b>	<b>VII</b>
1.3.1	Sonnenscheinwahrscheinlichkeit	VII
1.3.2	Reduktion der Schattenwurfdauer durch den Azimutwinkel	VII
1.3.3	Schattenwurf nur bei Betrieb der Anlage	VIII

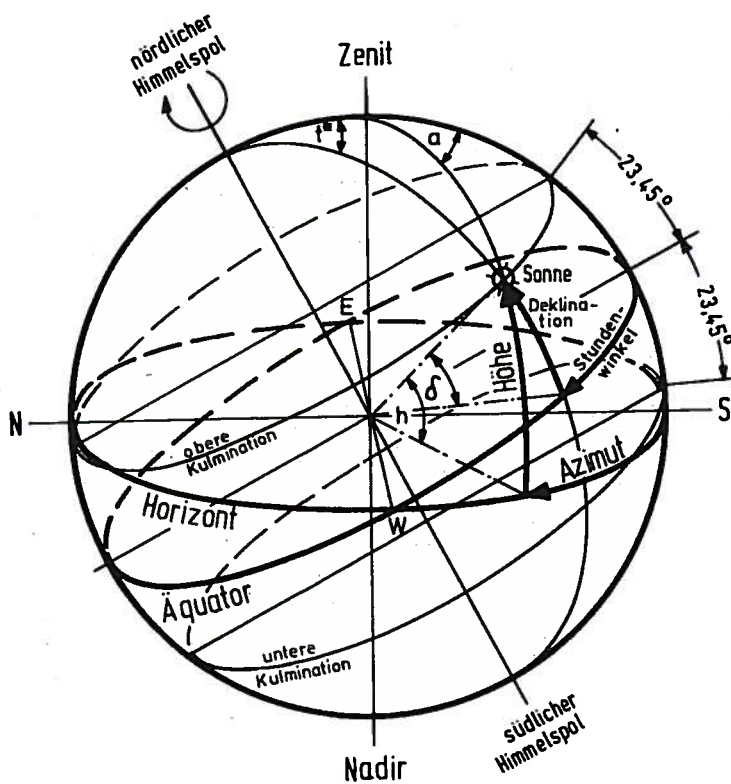
30. Jan. 2013

130097

## 1 Theoretische Grundlagen

### 1.1 Sonnenstand

Der Sonnenstand bildet die Grundlage für die Berechnung des Schattenwurfs. Der Stand der Sonne ist im Wesentlichen von der Erdrotation, der Neigung der Erdachse und der elliptischen Laufbahn der Erde um die Sonne abhängig. Weiterhin müssen für jeden beliebigen Standort die geographischen, jahreszeitlichen und tageszeitlichen Daten berücksichtigt werden.



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

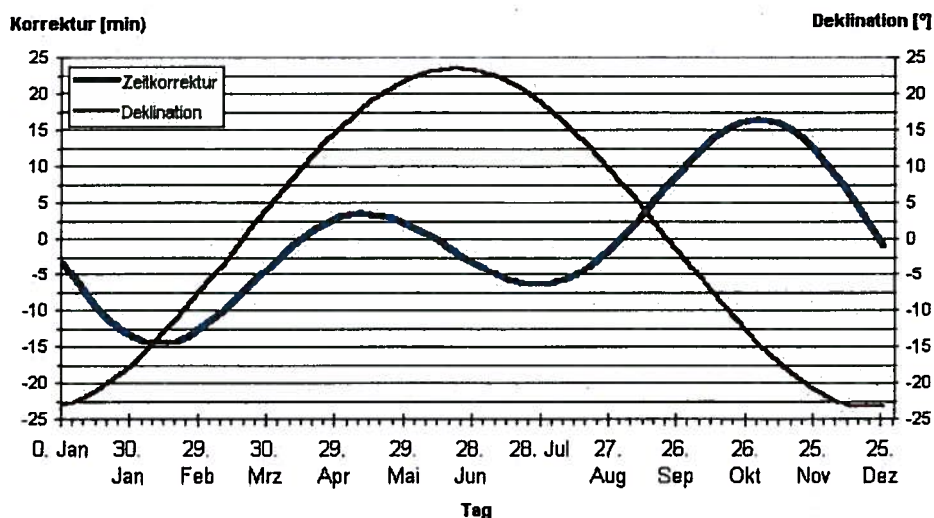
Mit diesen Daten werden die Deklination  $\delta$ , der Stundenwinkel  $\omega$ , die Sonnenhöhe  $h$ , der Azimut  $\gamma$  sowie der Sonnenauf- und -untergang  $t_a$  und  $t_u$  berechnet. Die Begriffe bedeuten:

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



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

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



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

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

## 1.2 Schattenwurf

### 1.2.1 Beschattungsbereich einer WEA

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, in dem die Sonnenscheibe zu mehr als 20 % durch sich bewegende Rotorblätter verdeckt wird. Wird durch ein Rotorblatt weniger als 20 % der Sonnenscheibe verdeckt, so ist der dadurch entstehende Helligkeitswechsel nicht mehr relevant. Da die Breite des 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 55 m Länge in Abhängigkeit von der Entfernung.

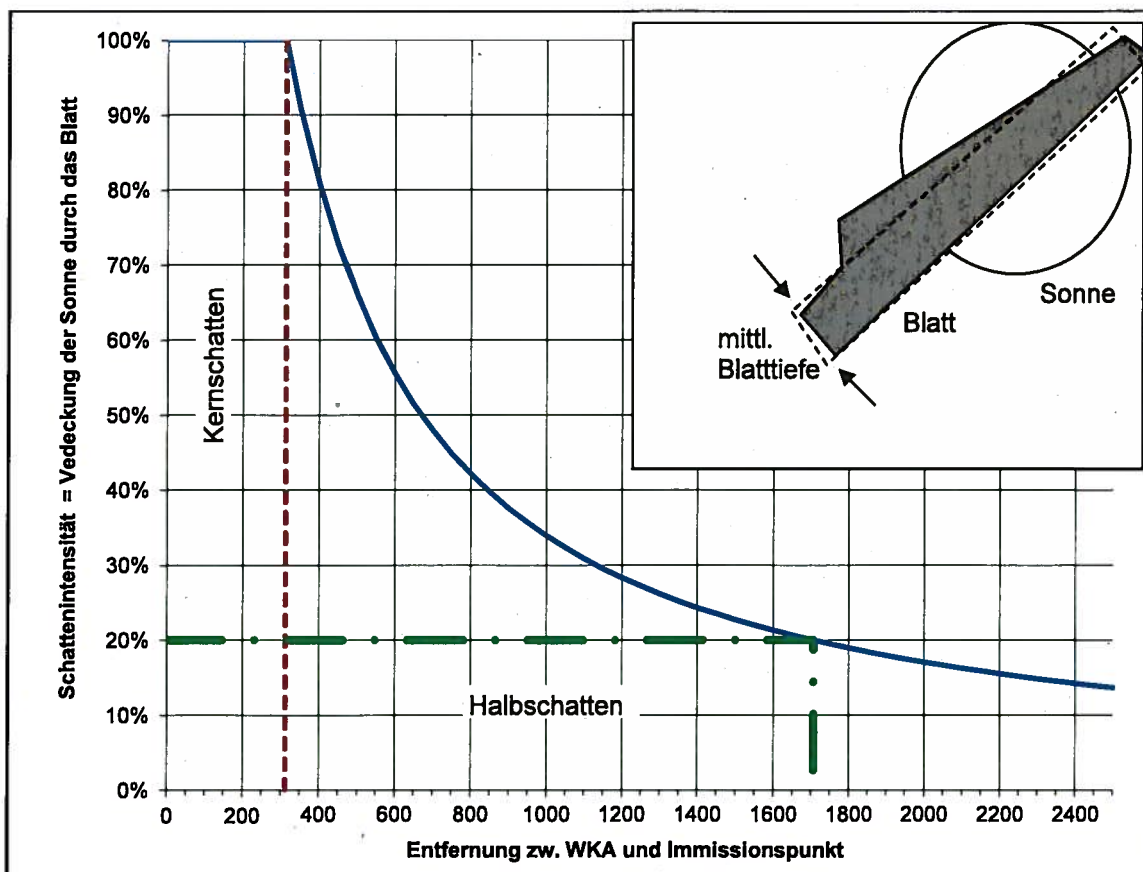
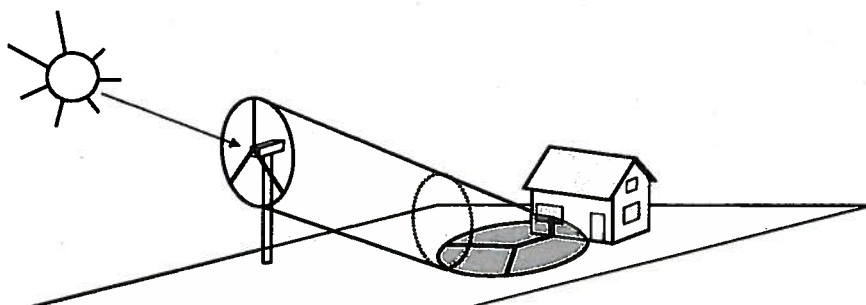


Abbildung 3: Schattenintensität in Abhängigkeit von Rotorblatattiefe und Entfernung

### 1.2.2 Schattenverlauf, Berechnung

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:

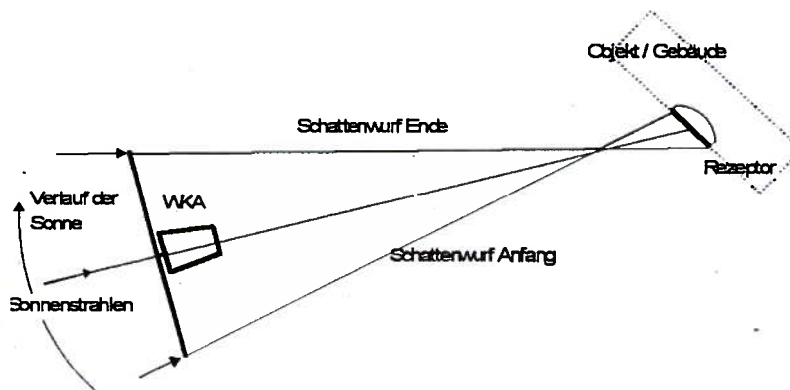
- die Position/Koordinaten der WEA und der Immissionsorte (Rechts- und Hochwerte, Höhe über N.N., Genauigkeit +/- 10 m)
- Ausmaße der WEA (Nabenhöhe, Rotorradius und Rotorblatttiefe)



**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) 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)**

### 1.2.3 Richtlinien

Die Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) hat die federführend vom staatlichen Umweltamt Schleswig unter Mitarbeit von Fachleuten, Gutachtern (u.a. auch der CUBE Engineering GmbH), Gewerbeaufsichtsämtern und Weiteren erarbeiteten Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise) im Jahr 2002 als Standard anerkannt. Die WEA-Schattenwurf-Hinweise enthalten folgende Anhaltswerte:

- Die Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer (worst case) an einem Immissionsort darf maximal 30 Stunden im Jahr und maximal 30 Minuten am Tag betragen.
- Ein Schattenwurf bei einem Sonnenstand unter  $3^\circ$  ist nicht zu berücksichtigen.
- Der Beschattungsbereich ist der Bereich, in dem die Sonnenscheibe zu mehr als 20 % durch das Rotorblatt verdeckt ist.
- Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen, wird die Berechnung des Schattenwurfs für einen punktförmigen Rezeptor in 2 m Höhe am Immissionsort empfohlen.
- Darüber hinaus sollen zusätzlich die realen 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.

### **1.3 Wahrscheinlichkeitsbetrachtung**

Um aus der astronomisch maximal möglichen Beschattungsdauer (worst case) 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.

#### **1.3.1 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 mit berücksichtigt werden, die in der Praxis gleichzusetzen ist mit der Wahrscheinlichkeit der Existenz eines Schattenwurfs. Die Sonnenscheinwahrscheinlichkeit ist von Region zu Region unterschiedlich und wird 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) [Quelle: Atlas über die Sonnenstrahlung Europas].

#### **1.3.2 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 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 ein Winkel zwischen der Windrichtung und den Sonnenstrahlen einen schmaleren, ellipsenförmigen Schattenwurf verursacht (vgl. Abbildung 4).

Als Basis dient hier die Windrichtungsverteilung in 12 Sektoren, die dem Windgutachten oder einer in der Nähe gemessenen Windstatistik entnommen werden kann. Entsprechend der Windrichtungsverteilung in Sektoren wird die relevante Schattenwurfrichtungsbeziehung (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 Schattensendes, also die Dauer des Schattenwurfs auf den Immissionspunkt.

### **1.3.3 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 ebenfalls mit Hilfe der Weibull-Funktion (Windgutachten bezogen auf Nabenhöhe) und der Anlaufwindgeschwindigkeit der WEA angegeben werden. Die "In-Betrieb"-Häufigkeit bezeichnet so das Verhältnis von Betriebsstunden der Anlage und der Stundenzahl eines Jahres (8.760 h). Die entsprechenden Werte können in der Regel ebenfalls dem Windgutachten zum Standort entnommen werden.

## 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

**CUBE Engineering GmbH**

mit den Standorten

**Breitscheidstraße 6, 34119 Kassel**

**Andreaestraße 3, 30159 Hannover**

die Kompetenz nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 besitzt, Prüfungen in folgenden Bereichen durchzuführen:

**Bestimmung von Windpotenzial und Energieerträgen von Windenergieanlagen (WEA) einschließlich Prüfung windklimatologischer Eingangsdaten; Bestimmung des 60 % Referenzertrag-Nachweises; 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 02.08.2017 mit der Akkreditierungsnummer D-PL-11038-01 und ist gültig bis 01.11.2020. Sie besteht aus diesem Deckblatt, der Rückseite des Deckblatts und der folgenden Anlage mit insgesamt 3 Seiten.

Registrierungsnummer der Urkunde: D-PL-11038-01-00

*in Vertretung Halberstadt*

Berlin, 02.08.2017

Im Auftrag Dr. Heike Manke  
Abteilungsleiterin

30. Jan. 2018

130105

# Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH

Standort Berlin  
Spittelmarkt 10  
10117 Berlin

Standort Frankfurt am Main  
Europa-Allee 52  
60327 Frankfurt am Main

Standort Braunschweig  
Bundesallee 100  
38116 Braunschweig

Die auszugsweise Veröffentlichung der Akkreditierungsurkunde bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung der Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkKS). Ausgenommen davon ist die separate Weiterverbreitung des Deckblattes durch die umseitig genannte Konformitätsbewertungsstelle in unveränderter Form.

Es darf nicht der Anschein erweckt werden, dass sich die Akkreditierung auch auf Bereiche erstreckt, die über den durch die DAkKS bestätigten Akkreditierungsbereich hinausgehen.

Die Akkreditierung erfolgte gemäß des Gesetzes über die Akkreditierungsstelle (AkkStelleG) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2625) sowie der Verordnung (EG) Nr. 765/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. Juli 2008 über die Vorschriften für die Akkreditierung und Marktüberwachung im Zusammenhang mit der Vermarktung von Produkten (Abl. L 218 vom 9. Juli 2008, S. 30). Die DAkKS ist Unterzeichnerin der Multilateralen Abkommen zur gegenseitigen Anerkennung der European co-operation for Accreditation (EA), des International Accreditation Forum (IAF) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC). Die Unterzeichner dieser Abkommen erkennen ihre Akkreditierungen gegenseitig an.

Der aktuelle Stand der Mitgliedschaft kann folgenden Webseiten entnommen werden:

EA: [www.european-accreditation.org](http://www.european-accreditation.org)

ILAC: [www.ilac.org](http://www.ilac.org)

IAF: [www.iaf.nu](http://www.iaf.nu)

130106

30. Jan. 2010