

SCHATTENWURFPROGNOSE

für eine Windenergieanlage

am Standort

Stockem-Lentzweiler | Luxembourg

Datum: 01.12.2025

Berichtsnummer: 15-1-3099-006-SWe

Auftraggeber

Nordwand

Ierwescht Duerf 23

9747 Enscherange, Luxembourg

Auftragnehmer

Ramboll Deutschland GmbH

Elisabeth-Consbruch-Straße 3

34131 Kassel

Tel +49 561 288573-0



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

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

Das Urheberrecht und geistige Eigentum dieses Gutachtens liegt bei der Ramboll Deutschland GmbH. Inhaltliche Veränderungen bedürfen einer Zustimmung. Die Nutzungsrechte dieses Gutachtens, insbesondere die elektronische Weitergabe, Veröffentlichung und Vervielfältigung liegen beim Auftraggeber und bedürfen dessen Zustimmung.

Nr.	Datum	Bearbeiter	Beschreibung
006	01.12.2025	B. Weinrich	Koordinatenänderung der WEA des Typs Enercon E-138 EP E3

Kassel, 01.12.2025



Benjamin Weinrich, M.Sc.
(Bearbeiter)



Christoph Naab, M.Sc.
(Prüfer)

INHALT

1	Zusammenfassung.....	4
2	Standort- und WEA-Daten	5
2.1	Aufgabenstellung	5
2.2	Immissionsorte	6
2.3	Immissionsrichtwerte	11
2.4	Windenergieanlagen	12
3	Schattenwurfberechnungen	13
3.1	Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer	13
3.2	Meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer	13
3.3	Darstellung der Berechnungsergebnisse	14
4	Bewertung der Ergebnisse	16
4.1	Beurteilung der Berechnungen.....	16
4.2	Hinweise zur Abschaltautomatik	16
4.3	Genauigkeit der Prognose	17
5	Quellenverzeichnis.....	18
6	Anhang	19

1 ZUSAMMENFASSUNG

Am Windparkstandort Stockem-Lenzweiler (Luxembourg) wurden für 15 Immissionsorte (IO) die Beschattungsdauern durch eine neu geplante Windenergieanlage (WEA) des Typs Enercon E-138 EP3 E3 mit 160,0 m Nabenhöhe sowie drei Vorbelastungs-WEA entsprechend den WKA-Schattenwurfhinweisen [2] berechnet. Den Berechnungen wurde ein Worst-Case-Szenario zugrunde gelegt. Die Immissionsrichtwerte betragen dabei maximal 30 Stunden im Jahr und maximal 30 Minuten am Tag.

Diese Werte werden ohne schattenwurfbegrenzende Maßnahmen an zehn Immissionsorten überschritten (siehe Kapitel 3). Die WKA-Schattenwurfhinweise [2] sehen für diesen Fall vor, dass der Schattenwurf der WEA, die eine Überschreitung verursachen, mittels einer Abschaltautomatik entsprechend den Richtwerten begrenzt wird. Im vorliegenden Fall betrifft dies die geplante WEA R1/3.

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

2 STANDORT- UND WEA-DATEN

2.1 Aufgabenstellung

Der Auftraggeber plant am Standort Stockem-Lentzweiler zwischen den Orten Stockem im Nordosten, Deiffelt und Doennange im Südosten, Lullange im Süden und Wincrange im Südwesten eine WEA des Typs Enercon E-138 EP E3 mit 160 m Nabenhöhe zu errichten (siehe Tabelle 1). Im Zuge der Planung sollen zwei bestehende WEA des Typs Enercon E-40/6.44 zurückgebaut werden (vgl. Abbildung 1).

Tabelle 1: Kenndaten der geplanten WEA

Bez.	Hersteller / Typ	Nabenhöhe (m)	Koordinaten (TM-LUREF)	
			Ost	Nord
R1/3	Enercon E-138 EP E3	160	64.012	126.188

In der Nähe des geplanten Standorts existieren bereits drei weitere WEA. Diese werden als Vorbelastungen untersucht und werden im folgenden Text als „Vorbelastung“ oder „VB“ bezeichnet (siehe 2.4).

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

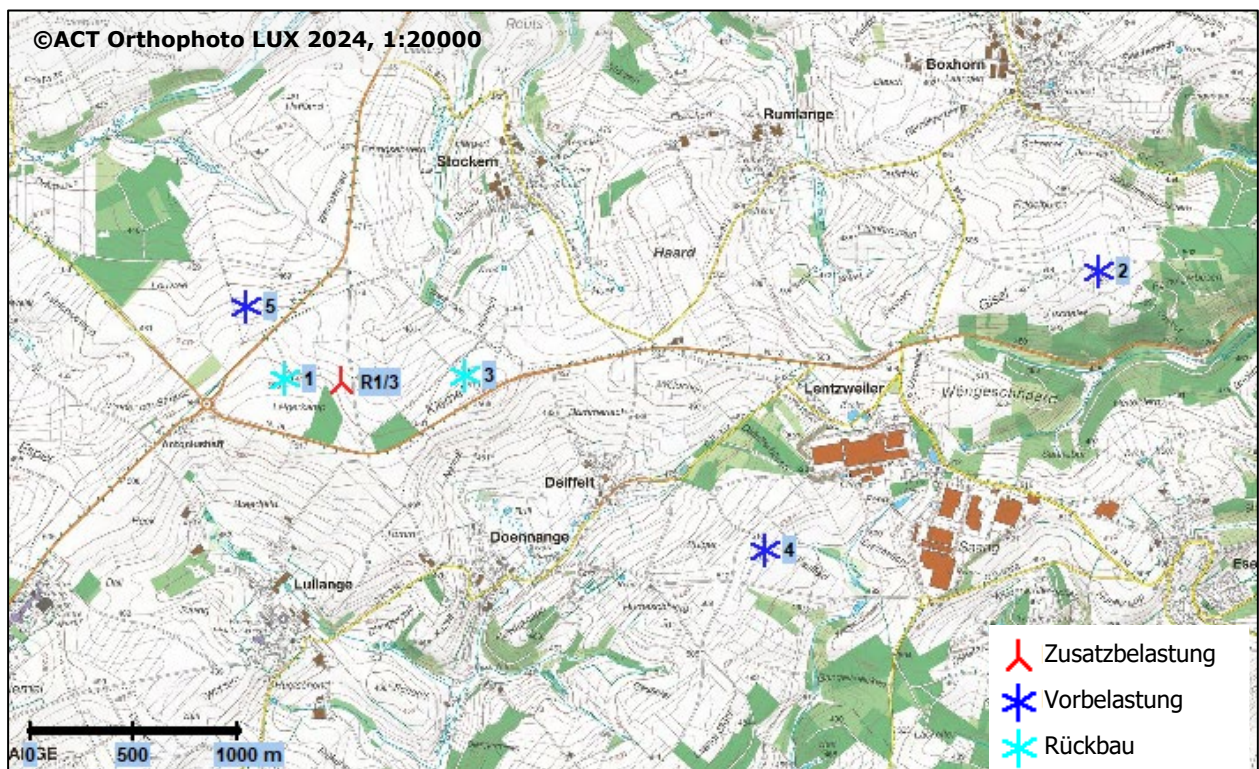


Abbildung 1: Übersichtskarte

Grundlage der Berechnung sind die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Daten der geplanten WEA (Typ, Nabenhöhe, Koordinaten) sowie die bei der Standortbesichtigung am 31.05.2023 erhobenen Daten über relevante Immissionsorte und deren Umgebung. Das Höhenrelief basiert auf dem DGM 5 Luxembourg. Die Berechnung wurde mit der Software WindPRO, Modul SHADOW [3] durchgeführt. Grundlagen zur Berechnung finden sich im Anhang.

2.2 Immissionsorte

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

- Es muss geometrisch möglich sein, dass die Orte von den neu geplanten WEA im Jahresverlauf beschattet werden.
- Die Orte liegen innerhalb des Beschattungsbereichs der neu geplanten WEA nach dem 20 %-Kriterium [4].

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

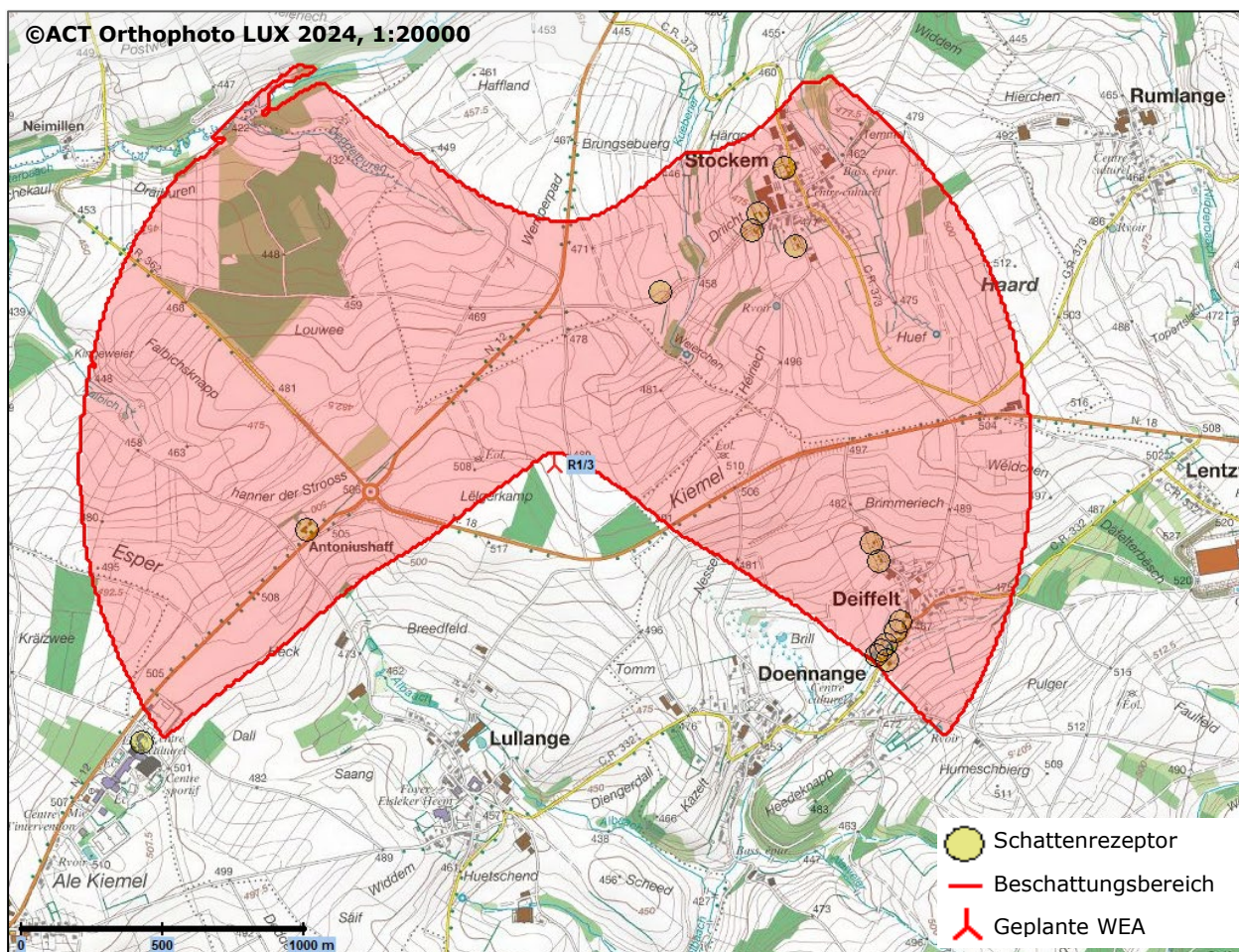


Abbildung 2: Beschattungsbereich der Zusatzbelastung

Nach diesen Kriterien wurden alle Wohnhäuser im schattenkritischen Bereich und in den dahinter liegenden Baureihen exemplarisch ausgewählte Häuser als relevante Immissionsorte ausgewählt. Bei der Standortbesichtigung am 10.03.2022 wurden diese Immissionsorte in Augenschein genommen und dokumentiert.

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

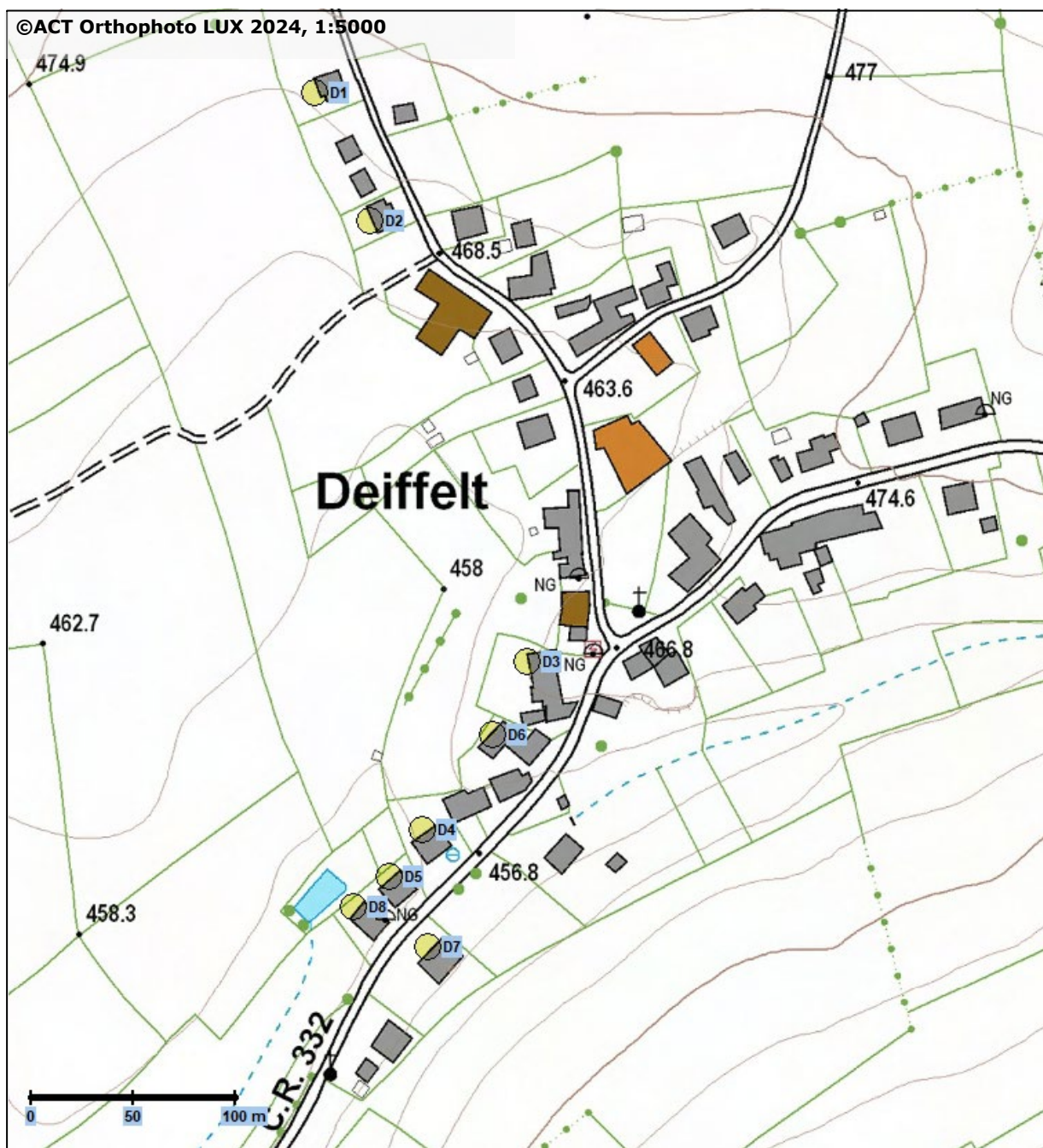


Abbildung 3: Lage der Immissionsorte D1 bis D8 in Deiffelt

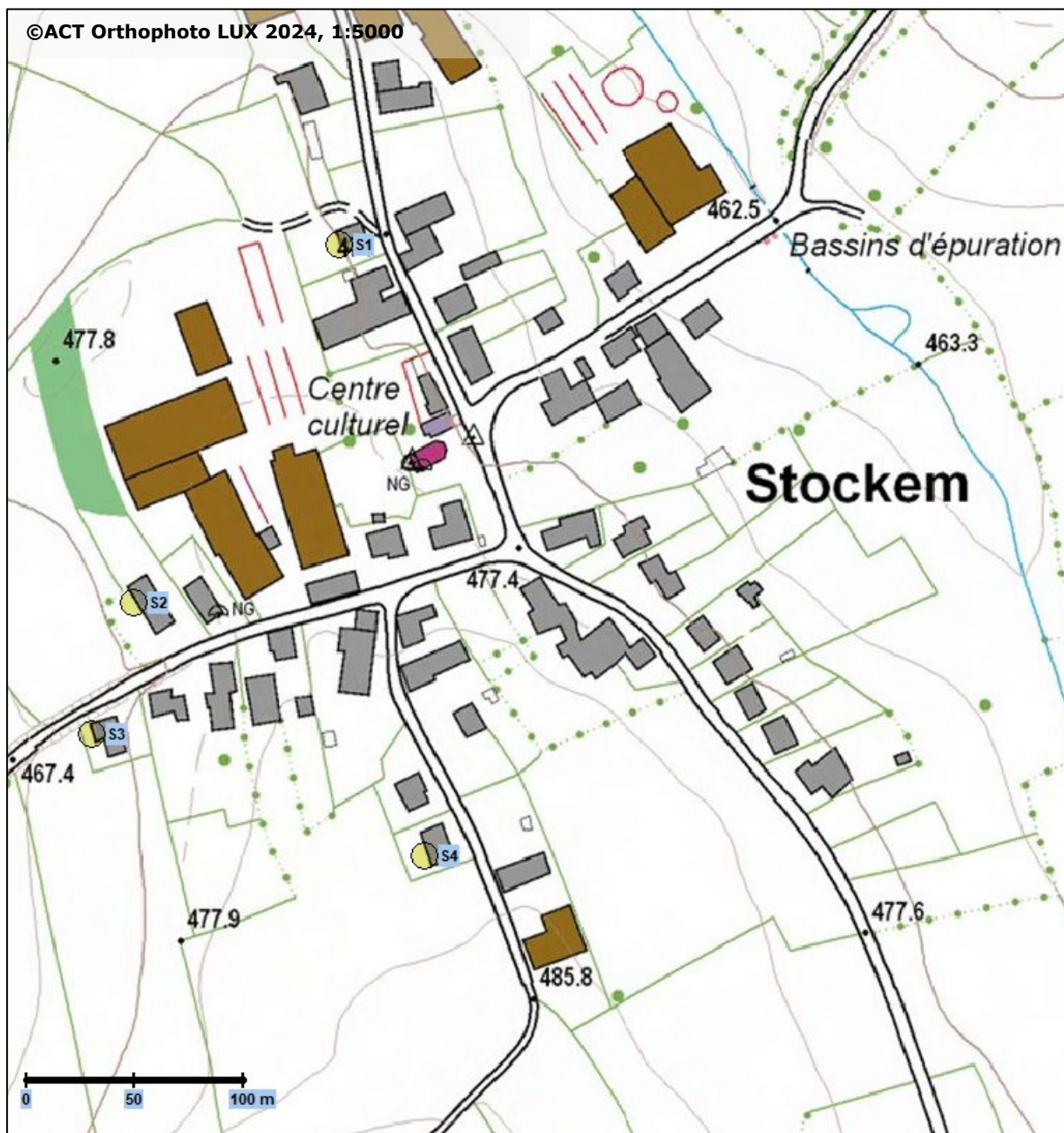


Abbildung 5: Lage der Immissionsorte S1 bis S4 in Stockem

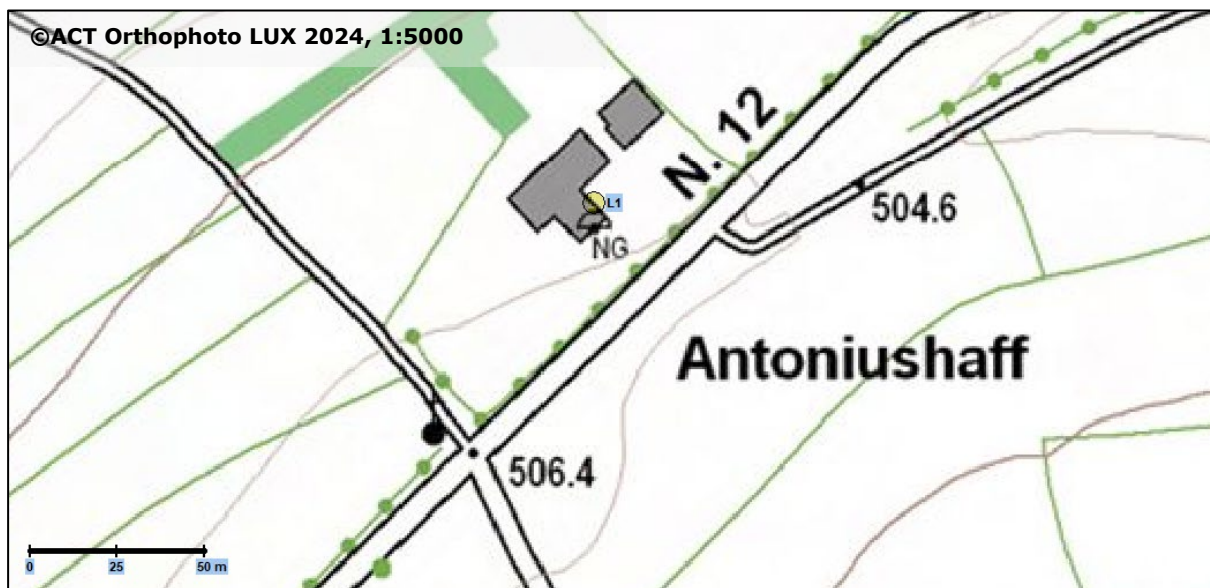


Abbildung 4: Lage des Immissionsorts L1 – Antoniushaff

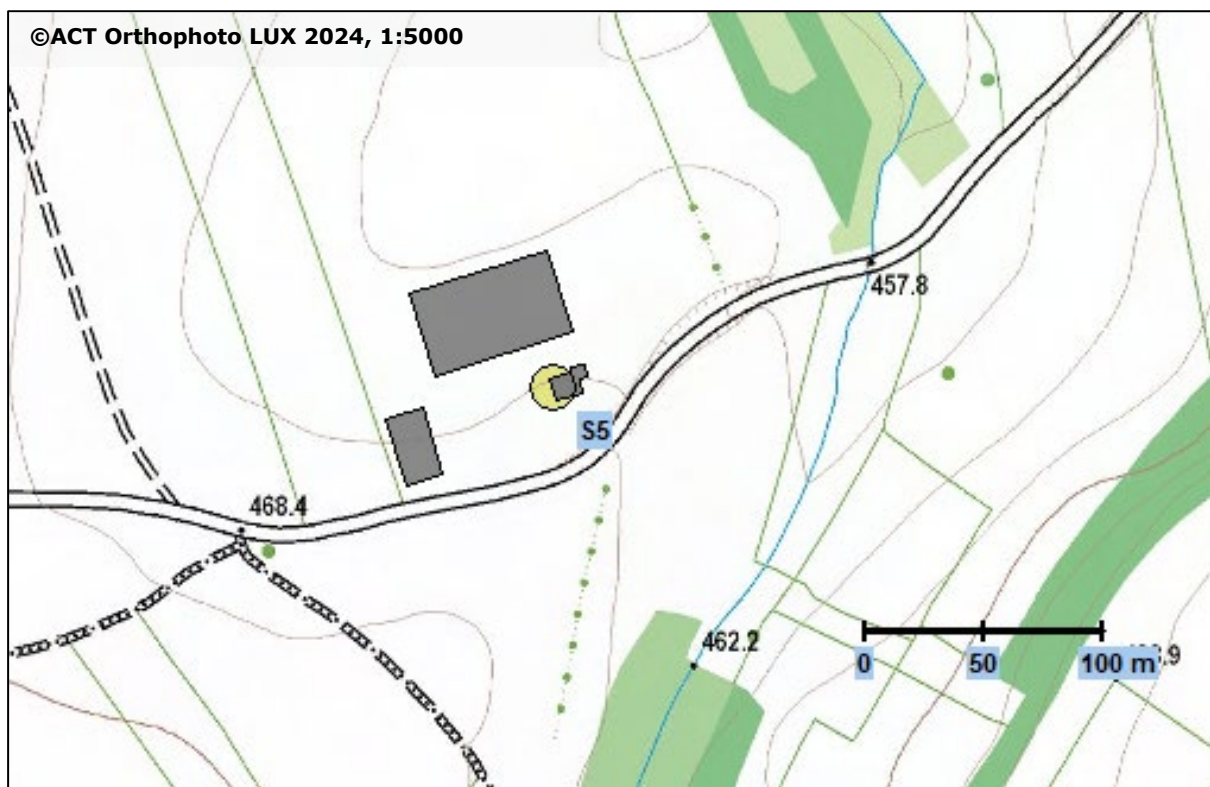


Abbildung 5: Lage des Immissionsorts S5 südwestlich von Stockem

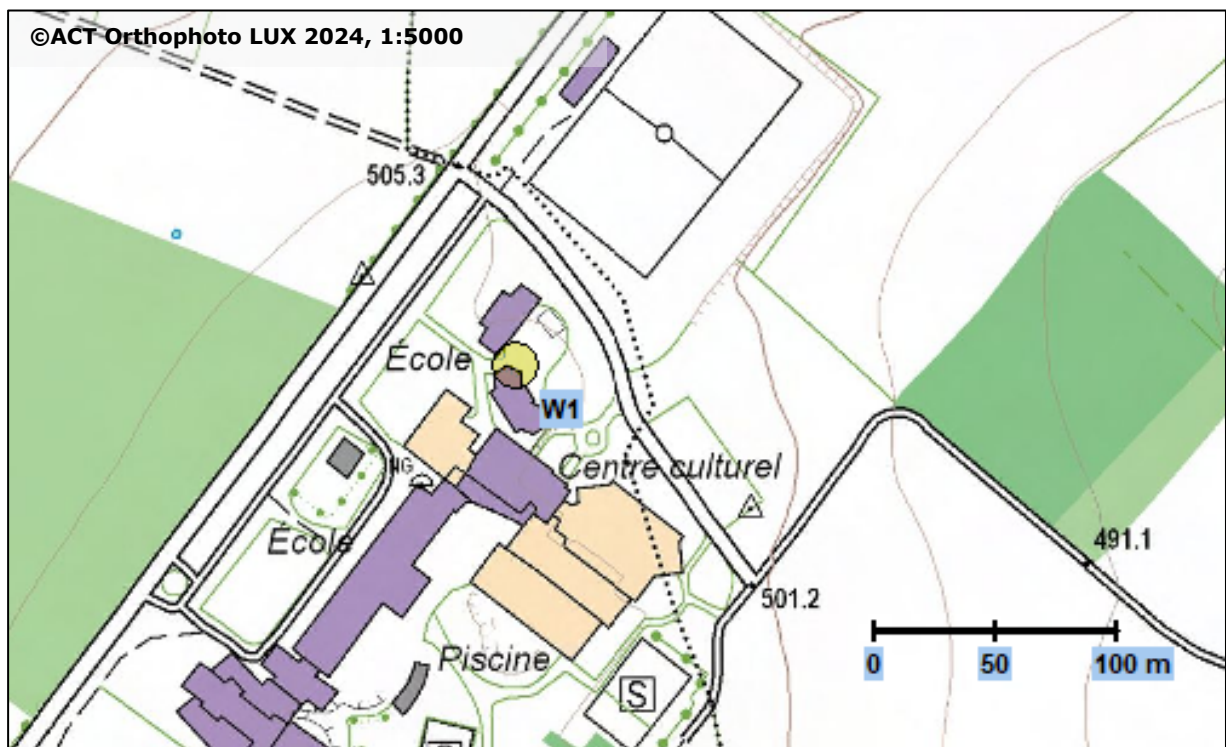


Abbildung 6: Lage des Immissionsorts W1 in Wincrange

2.3 Immissionsrichtwerte

Für die Beurteilung der Erheblichkeit der Belästigung durch Schattenwurf [5] [6] wurden in den WKA-Schattenwurfhinweisen folgende Immissionsrichtwerte festgelegt:

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

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

Reale jährliche Beschattungsdauer:

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

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

2.4 Windenergieanlagen

Der Antragsteller plant am Standort Stockem-Lentzweiler die Errichtung von einer WEA. Die untersuchten Immissionsorte befinden sich im Beschattungsbereich von drei weiteren WEA (siehe Berechnung *Vorbelastung*). Diese werden im weiteren Verlauf als relevante Vorbelastung berücksichtigt.

Die wesentlichen Kenndaten der neu geplanten WEA sowie der relevanten Vorbelastung sind Tabelle 2 zu entnehmen. Der Beschattungsbereich wurde nach dem 20 %-Kriterium [7] aus den Rotorblattdaten und der Nabenhöhe ermittelt.

Tabelle 2: Kenndaten Zusatzbelastung (fett) und relevante Vorbelastungs-WEA

Bez.	Typ	NH (m)	RD (m)	max. BT (m)	min. BT (m)	Ø BT (m)	BB (m)
R1/3	Enercon E-138 EP3 E3	160,0	138,3	3,93	1,04	2,49	1.686
2	Enercon E-53	73,3	53,0	2,18	0,75	1,47	996
4	Enercon E-53	73,3	53,0	2,18	0,75	1,47	996
5	Enercon E-115 TES	149,0	115,7	4,53	1,55	3,04	2.066

NH: Nabenhöhe, RD: Rotordurchmesser, BT: Blatttiefe, BB: Beschattungsbereich

3 SCHATTENWURFBERECHNUNGEN

3.1 Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer

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

Es wurden folgende Berechnungen durchgeführt:

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

Die Ergebnisse der Berechnungen können Kapitel 3.3 entnommen werden. Die fett hervorgehobenen Werte überschreiten die Immissionsrichtwerte nach den WKA-Schattenwurfhinweisen [2]. Die Beschattungszeiten im Tages- und Jahresverlauf können den tabellarischen und grafischen Kalendern in Anhang entnommen werden.

3.2 Meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer

Die jährlich im Mittel auftretende, meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer ist für die Genehmigung eines Vorhabens zunächst nicht relevant, sie kann jedoch den Behördenvertretern, Anlagenplanern und Betroffenen einen Eindruck über die tatsächliche, durchschnittlich zu erwartende Belastung geben. Zudem enthält sie Hinweise auf mögliche Abschalthäufigkeiten, da i. d. R. die Begrenzung auf die reale Beschattungsdauer von acht Stunden pro Jahr (nach [2], [8]) steuerungstechnisch umgesetzt wird. Sie berücksichtigt statistische Daten zu

- Sonnenscheinwahrscheinlichkeit (mittlere tägliche Sonnenscheinstunden) je Monat, nach Angaben der Sonnenschein-Datenbank für die Station St. Hubert (BE),
- Betriebswahrscheinlichkeit der WEA je Richtungssektor sowie Rotorschattenstellung, ermittelt aus der sektoralen Windstatistik der DWD-Station Prüm (DE), der Anlaufgeschwindigkeit der WEA und der jeweiligen Lage der Rezeptoren.

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

3.3 Darstellung der Berechnungsergebnisse

In den folgenden Tabellen werden die Berechnungsergebnisse für die Beschattungsdauern ohne Schattenwurfbegrenzende Maßnahmen für jeden der zwölf untersuchten Immissionsorte dargestellt.

Tabelle 3: Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauern pro Jahr

Bez.	Adresse	Beschattungsdauer: Astronomisch maximal möglich					
		(Std./Jahr)			(Std./Tag)		
		VB	ZB	GB	VB	ZB	GB
D1	Deiffelt - 37, Stackemer Pad	6:35	17:10	23:45	0:17	0:28	0:40
D2	Deiffelt - 29, Stackemer Pad	6:50	17:44	24:34	0:16	0:28	0:40
D3	Deiffelt - 38, Hauptstrooss	14:42	26:52	41:34	0:15	0:25	0:40
D4	Deiffelt - 50, Hauptstrooss	11:02	15:25	26:27	0:15	0:24	0:39
D5	Deiffelt - 52, Hauptstrooss	8:23	9:44	18:07	0:13	0:20	0:33
D6	Deiffelt, Maison 43	15:10	24:46	39:56	0:15	0:26	0:40
D7	Deiffelt - 53, Hauptstrooss	7:18	6:54	14:12	0:14	0:17	0:29
D8	Deiffelt - 54, Hauptstrooss	5:49	4:34	10:23	0:13	0:14	0:24
L1	Lullange - 1, Antoniusshaff	0:00	29:58	29:58	0:00	0:36	0:36
S1	Stockem - 20, Duärrefstrooss	6:29	19:54	26:23	0:19	0:26	0:26
S2	Stockem - 16, An der Driicht	7:23	31:17	38:40	0:20	0:29	0:29
S3	Stockem - 21, An der Driicht	7:45	34:52	42:37	0:21	0:31	0:31
S4	Stockem - 16, Diänjer Wee	6:11	19:56	26:07	0:19	0:29	0:29
S5	Stockem - 1, Am Wämper Pad	14:34	62:39	77:13	0:30	0:45	0:45
W1	Wincrange - 7, Hauptstrooss	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00

Tabelle 4: Meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauern pro Jahr

Bez.	Adresse	Beschattungsdauer: Meteorologisch wahrscheinlich (Std./Jahr)		
		VB	ZB	GB
D1	Deiffelt - 37, Stackemer Pad	1:39	4:17	6:05
D2	Deiffelt - 29, Stackemer Pad	1:42	4:24	6:13
D3	Deiffelt - 38, Hauptstrooss	3:07	6:07	9:15
D4	Deiffelt - 50, Hauptstrooss	2:15	3:16	5:29
D5	Deiffelt - 52, Hauptstrooss	1:42	2:00	3:41
D6	Deiffelt, Maison 43	3:10	5:30	8:40
D7	Deiffelt - 53, Hauptstrooss	1:29	1:24	2:52
D8	Deiffelt - 54, Hauptstrooss	1:10	0:54	2:04
L1	Lullange - 1, Antoniusshaff	0:00	7:55	8:32
S1	Stockem - 20, Duärrefstrooss	1:23	2:06	3:34

Bez.	Adresse	Beschattungsdauer: Meteorologisch wahrscheinlich (Std./Jahr)		
		VB	ZB	GB
S2	Stockem - 16, An der Driicht	1:34	3:39	5:21
S3	Stockem - 21, An der Driicht	1:36	4:15	6:02
S4	Stockem - 16, Diänjer Wee	1:14	3:02	4:27
S5	Stockem - 1, Am Wämper Pad	3:12	8:19	11:41
W1	Winrange - 7, Hauptstrooss	0:00	0:00	0:00

4 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

4.1 Beurteilung der Berechnungen

Am Windparkstandort Stockem-Lentzweiler wurden für 15 Immissionsorte die Beschattungsdauern durch eine neu geplante WEA sowie drei Vorbelastungs-WEA entsprechend den WKA-Schattenwurfhinweisen [2] berechnet. Die Immissionsrichtwerte der Beschattungsdauern betragen maximal 30 Stunden im Jahr und maximal 30 Minuten am Tag.

IO D7, D8, S1, S4 und W1: An diesen Immissionsorten werden alle Richtwerte eingehalten.

IO D1-D6, L1, S2, S3 und S5: An diesen Immissionsorten werden die Tages- und/oder Jahreskontingente (Richtwerte) ohne schattenwurfbegrenzende Maßnahmen durch den Einfluss der Zusatzbelastung überschritten.

Aufgrund der berechneten Überschreitungen empfehlen wir die Abschaltung der neu geplanten WEA R1/3 über eine Abschaltautomatik zu steuern (siehe tabellarische und grafische Schattenwurfskalender im Anhang).

Von einer schädlichen Umwelteinwirkung bzw. einer erheblichen Belästigung i. S. d. BImSchG ist bei entsprechender Abschaltung demnach nicht auszugehen.

Da die in diesem Gutachten betrachteten Immissionsorte exemplarisch ausgewählt wurden, sollten bei Programmierung der Abschaltautomatik alle Wohnhäuser im schattenkritischen Bereich berücksichtigt werden.

4.2 Hinweise zur Abschaltautomatik

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

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

Das erlaubte Kontingent der tatsächlich auftretenden Beschattungszeit (unter Berücksichtigung von Bewölkungsereignissen mit diffusem oder keinem Schattenwurf) pro Immissionsort beträgt 8 Std. / Jahr

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

4.3 Genauigkeit der Prognose

Den Berechnungen nach den Vorgaben der WKA-Schattenwurfhinweise wird ein Worst-Case-Szenario zugrunde gelegt. In diesem Sinne wird die astronomisch maximal mögliche Beschattung zur Beurteilung herangezogen sowie keine lichtundurchlässigen Hindernisse, die den periodischen Schattenwurf von WEA begrenzen, berücksichtigt. Als Basis für die Bestimmung der Position der Immissionsorte dient Kartenmaterial, das auf den Gebäudeumringen des amtlichen Liegenschaftskataster basiert. Das zugrunde gelegte Höhenmodell entspricht dem DGM5. Damit ist eine Grundgenauigkeit der in eine Prognose eingehenden geometrischen Parameter von mindestens $\pm 5 \text{ m}$ gewährleistet. Die Schattenwurfzeiten werden mit einer Genauigkeit von 1 min pro Tag ausgewiesen. Insgesamt wird damit der geforderten Grundgenauigkeit der in eine Prognose eingehenden geometrischen Parameter (vgl. WKA-Schattenwurfhinweise) entsprochen. Basierend auf der Grundgenauigkeit der Eingangsdaten kann die Unsicherheit bei der Berechnung der Beschattungszeiten mit durchschnittlich $\pm 1 \%$ angegeben werden [9].

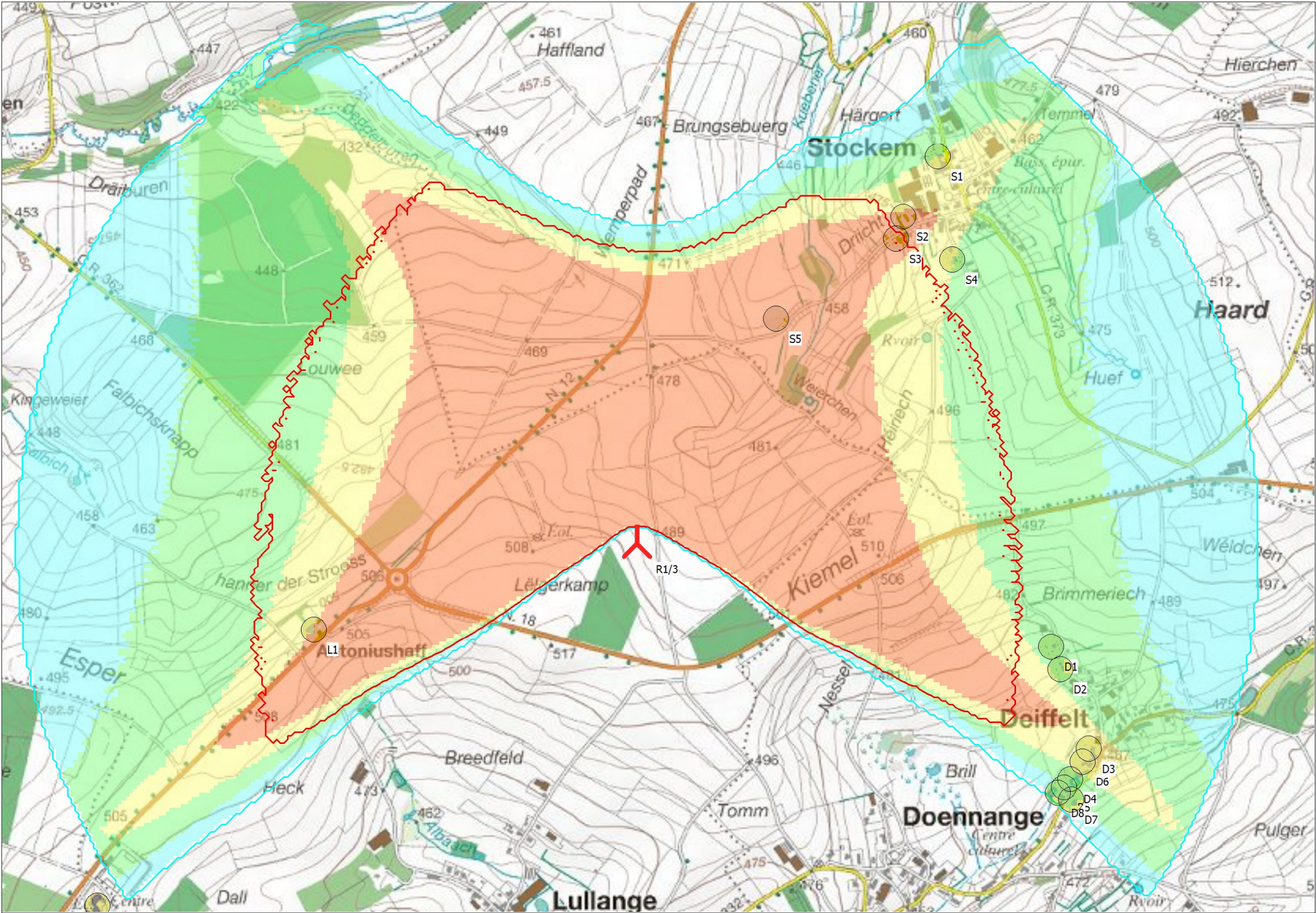
Die detaillierten, auf Grundlage der in Kapitel 2 beschriebenen Daten erzielten Ergebnisse für den Standort Stockem-Lentzweiler sind in Kapitel 3 wiedergegeben. Änderungen an den Positionen der Anlagen, dem Anlagentyp, den in den Herstellerangaben des Anlagentyps genannten Anlagenspezifikationen oder sonstigen relevanten Einflussfaktoren für die Schattenberechnung erfordern neues Gutachten, geringfügige Änderungen der NH oder der Koordinaten von $< 1 \text{ m}$ erfordern i. d. R. keine Neubewertung.

5 QUELLENVERZEICHNIS

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

6 ANHANG

- Beschattungskarten für den Windparkstandort Stockem-Lentzweiler
 - Zusatzbelastung
 - Gesamtbelastung
- Berechnungsergebnisse der Beschattungsdauern an den Immissionsorten
 - Vor- und Zusatzbelastung:
 - Hauptergebnis
 - Gesamtbelastung:
 - Hauptergebnis
 - grafische Kalender
- Akkreditierung
- Theoretische Grundlagen



Projekt:
15-1-3099-006
**Stockem-
Lentzweiler**

23, Ierwescht Duerf
9747 Enscherange
Beschreibung:
WEA Stockem-Lentzweiler,
Luxembourg

Max. Minuten an einem Tag, Astron.max.mögl.	
—	0
—	30
Stunden/Jahr, Astron.max.mögl.	
■	1 - <10
■	10 - <20
■	20 - <30
■	30 - <=412

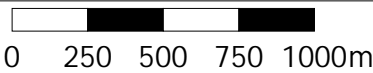
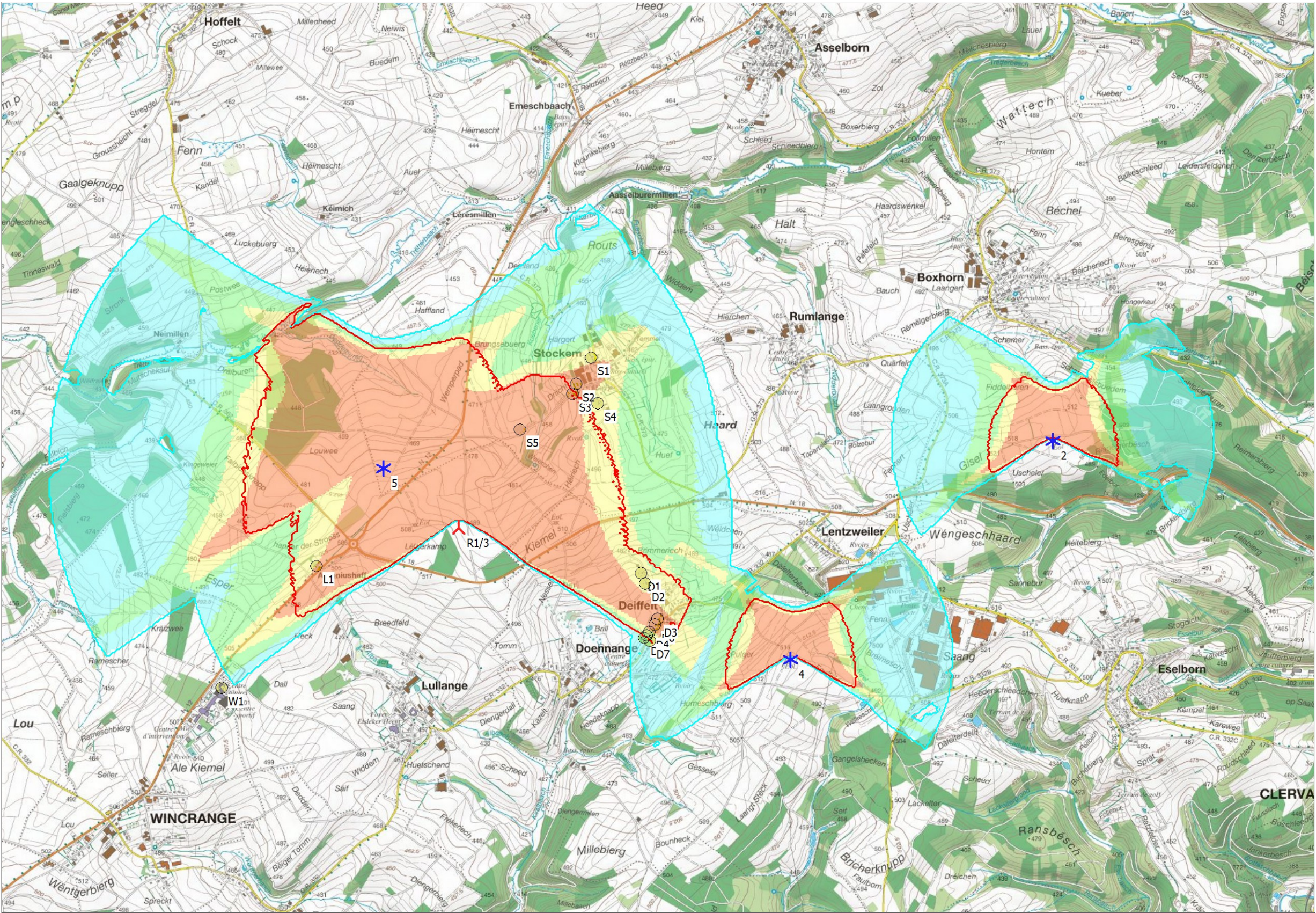
**SHADOW -
Karte**
Berechnung:
Zusatzbelastung 006

Lizenzierter Anwender:
Ramboll Deutschland GmbH
Elisabeth-Consbruch-Straße 3
DE-34131 Kassel
-
Benjamin Weinrich
Berechnet:
18.11.2025 09:29/4.1.273
RAMBOLL

Neue WEA

Schattenrezeptor

Karte: LUX , Maßstab 1:11.000, Mitte: Luxemburgian TM-LUREF (LU) Ost: 64.014,64 Nord: 126.353,24
Höhe der Schattenkarte: Höhenraster-Objekt: DGM5.wpg (34)
Zeitschritt: 2 Minuten, Schrittweite: 3 Tag(e), Kartenauflösung: 10 m, Sichtbarkeit Auflösung: 5 m, Augenhöhe: 1,5 m



Karte: LUX , Maßstab 1:25.000, Mitte: Luxemburgian TM-LUREF (LU) Ost: 65.121,21 Nord: 126.464,45

Neue WEA

Existierende WEA

Schattenrezeptor

Höhe der Schattenkarte: Höhenraster-Objekt: DGM5.wpg (34)

Zeitschritt: 2 Minuten, Schrittweite: 3 Tag(e), Kartenauflösung: 10 m, Sichtbarkeit Auflösung: 5 m, Augenhöhe: 1,5 m

Projekt:

15-1-3099-006

**Stockem-
Lentzweiler**

23, Ierwescht Duerf
9747 Enscherange

Beschreibung:

WEA Stockem-Lentzweiler,
Luxembourg

Max. Minuten an
einem Tag,
Astron.max.mögl.

0
30

Stunden/Jahr,
Astron.max.mögl.

1 - <10
10 - <20
20 - <30
30 - <=412

**SHADOW -
Karte**

Berechnung:

Gesamtbelastung 006

Lizenzierter Anwender:

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

Benjamin Weinrich

Berechnet:

18.11.2025 09:40/4.1.273

RAMBOLL

Projekt:

15-1-3099-006

Stockem-Lentzweiler

Beschreibung:

WEA Stockem-Lentzweiler, Luxembourg

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH

Elisabeth-Consruch-Straße 3

DE-34131 Kassel

RAMBOLL

23, Ierwescht Duerf

9747 Enscherange

Benjamin Weinrich

Berechnet:

18.11.2025 09:33/4.1.273

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Vorbelastung 006

Annahmen für Schattenwurfberechnung

Beschattungsbereich der WEA

Schatten nur relevant, wo Rotorblatt mind. 20% der Sonne verdeckt

Siehe WEA-Tabelle

Minimale relevante Sonnenhöhe über Horizont

3 °

Tage zwischen Berechnungen

1 Tag(e)

Berechnungszeitsprung

1 Minuten

Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [ST-HUBERT]

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1,58	3,05	3,17	4,85	6,15	5,19	6,45	6,12	4,77	3,14	2,23	1,13

Betriebsdauer je Sektor

N	NNO	ONO	O	OSO	SSO	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Summe
265	349	533	757	676	526	657	1.040	1.471	1.234	760	428	8.696

Monatliche Aggregation der met. wahrsch. Reduzierung

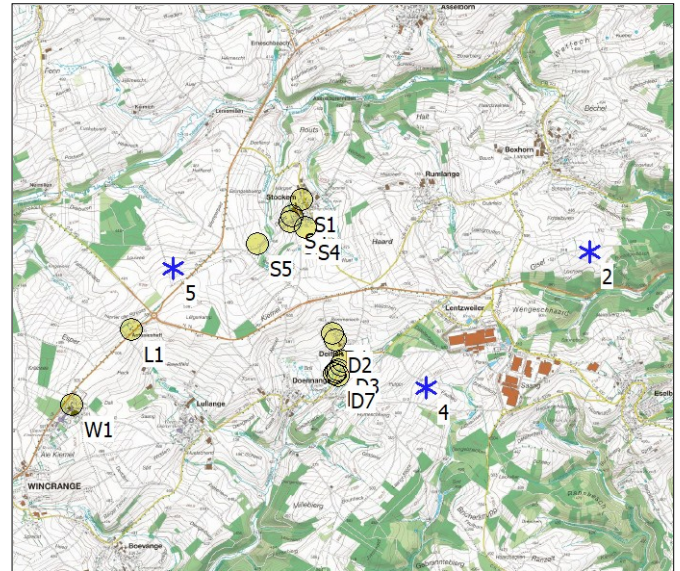
Eine WEA wird nicht berücksichtigt, wenn sie von keinem Teil der Rezeptorfläche aus sichtbar ist. Die Sichtbarkeitsberechnung basiert auf den folgenden Annahmen:

DHM: Höhenraster-Objekt: DGM5.wpg (34)

Rasterauflösung: 1,0 m

Alle Koordinatenangaben in:

Luxemburgian TM-LUREF (LU)



Maßstab 1:75.000

* Existierende WEA

● Schattenrezeptor

WEA

	X	Y	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung	Rotor-durchmesser	NH	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]
2	67.686,14	126.716,08	510,9	ENERCON E-53 800 53.0 !-! NH: ...Ja	ENERCON	E-53-800		800	53,0	73,3	996	29,0
4	66.061,99	125.375,14	511,2	ENERCON E-53 800 53.0 !-! NH: ...Ja	ENERCON	E-53-800		800	53,0	73,3	996	29,0
5	63.548,27	126.558,80	484,2	ENERCON E-115 TES 3000 115.7...Ja	ENERCON	E-115 TES-3.000		3.000	115,7	149,0	2.066	12,8

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	X	Y	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
D1	Deiffelt - 37, Stackemer Pad	65.137,46	125.906,24	470,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D2	Deiffelt - 29, Stackemer Pad	65.163,81	125.843,65	467,5	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D3	Deiffelt - 38, Hauptstrooss	65.239,87	125.628,14	464,6	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D4	Deiffelt - 50, Hauptstrooss	65.188,50	125.546,63	455,6	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D5	Deiffelt - 52, Hauptstrooss	65.172,48	125.524,03	454,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D6	Deiffelt, Maison 43	65.223,45	125.593,13	462,2	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D7	Deiffelt - 53, Hauptstrooss	65.190,99	125.489,93	457,8	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D8	Deiffelt - 54, Hauptstrooss	65.155,18	125.509,08	454,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
L1	Lullange - 1, Antoniushaff	63.132,59	125.957,38	504,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
S1	Stockem - 20, Duärrrefstrooss	64.833,34	127.236,09	475,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
S2	Stockem - 16, An der Driicht	64.738,51	127.072,29	475,8	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
S3	Stockem - 21, An der Driicht	64.718,67	127.012,13	472,5	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
S4	Stockem - 16, Diänjer Wee	64.872,16	126.955,69	483,5	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
S5	Stockem - 1, Am Wämper Pad	64.391,89	126.795,90	465,3	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
W1	Winrange - 7, Hauptstrooss	62.541,44	125.210,48	505,2	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0

Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattungsdauer	
		Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr	Max.Schattendauer/Tag	Stunden/Jahr	
		[h/a]	[d/a]	[h/d]	[h/a]	
D1	Deiffelt - 37, Stackemer Pad	6:35	31	0:17	1:39	
D2	Deiffelt - 29, Stackemer Pad	6:50	33	0:16	1:42	
D3	Deiffelt - 38, Hauptstrooss	14:42	81	0:15	3:07	
D4	Deiffelt - 50, Hauptstrooss	11:02	56	0:15	2:15	

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:

15-1-3099-006

Stockem-Lentzweiler

Beschreibung:

WEA Stockem-Lentzweiler, Luxembourg

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH
Elisabeth-Consbruch-Straße 3
DE-34131 Kassel**RAMBOLL**23, Ierwescht Duerf
9747 Enscherange

Benjamin Weinrich

Berechnet:

18.11.2025 09:33/4.1.273

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Vorbelastung 006

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattungsdauer	
		Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr	Max.Schattendauer/Tag	Stunden/Jahr	
		[h/a]	[d/a]	[h/d]	[h/a]	
D5	Deiffelt - 52, Hauptstrooss	8:23	49	0:13	1:42	
D6	Deiffelt, Maison 43	15:10	73	0:15	3:10	
D7	Deiffelt - 53, Hauptstrooss	7:18	45	0:14	1:29	
D8	Deiffelt - 54, Hauptstrooss	5:49	38	0:13	1:10	
L1	Lullange - 1, Antoniushaff	0:00	0	0:00	0:00	
S1	Stockem - 20, Duärefstrooss	6:29	27	0:19	1:23	
S2	Stockem - 16, An der Driicht	7:23	27	0:20	1:34	
S3	Stockem - 21, An der Driicht	7:45	28	0:21	1:36	
S4	Stockem - 16, Diänjer Wee	6:11	24	0:19	1:14	
S5	Stockem - 1, Am Wämper Pad	14:34	38	0:30	3:12	
W1	Winrange - 7, Hauptstrooss	0:00	0	0:00	0:00	

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal	Erwartet
		[h/a]	[h/a]
2	ENERCON E-53 800 53.0 !-! NH: 73,3 m (Ges:99,8 m) (4)	0:00	0:00
4	ENERCON E-53 800 53.0 !-! NH: 73,3 m (Ges:99,8 m) (3)	12:54	2:34
5	ENERCON E-115 TES 3000 115.7 !O! NH: 149,0 m (Ges:206,9 m) (5)	67:25	14:46

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

Projekt:

15-1-3099-006

Stockem-Lentzweiler

Beschreibung:

WEA Stockem-Lentzweiler, Luxembourg

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH

Elisabeth-Consruch-Straße 3

DE-34131 Kassel

RAMBOLL

23, Ierwescht Duerf

9747 Enscherange

Benjamin Weinrich

Berechnet:

18.11.2025 09:29/4.1.273

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Zusatzbelastung 006

Annahmen für Schattenwurfberechnung

Beschattungsbereich der WEA

Schatten nur relevant, wo Rotorblatt mind. 20% der Sonne verdeckt

Siehe WEA-Tabelle

Minimale relevante Sonnenhöhe über Horizont

3 °

Tage zwischen Berechnungen

1 Tag(e)

Berechnungszeitsprung

1 Minuten

Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [ST-HUBERT]

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1,58	3,05	3,17	4,85	6,15	5,19	6,45	6,12	4,77	3,14	2,23	1,13

Betriebsstunden ermittelt aus WEA in Berechnung und Windverteilung:

Terraindaten: ATLAS; 12 Sektoren; Radius: 20.000 m (9)

Betriebsdauer je Sektor

N	NNO	ONO	O	OSO	SSO	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Summe
497	611	663	637	672	672	750	925	1.064	960	724	550	8.725

Monatliche Aggregation der met. wahrsch. Reduzierung

Startwindgeschwindigkeit: Startwindgeschw. aus Leistungskennlinie

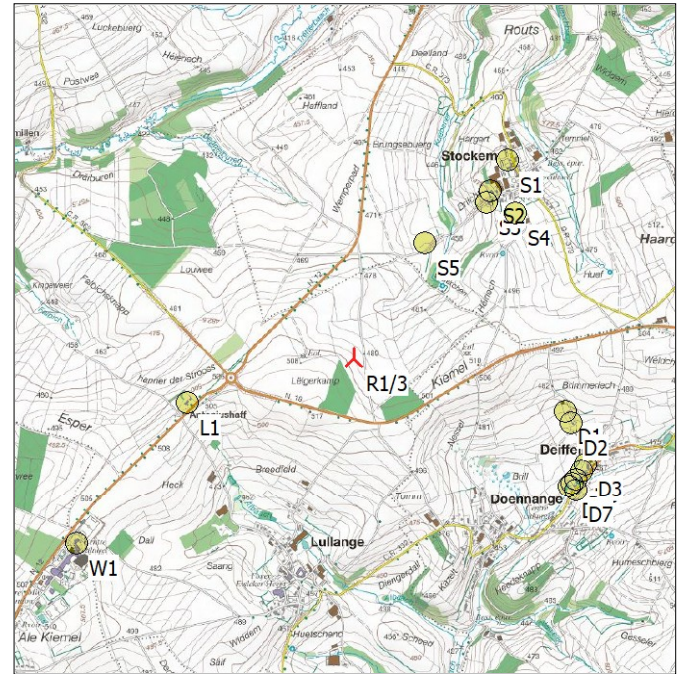
Eine WEA wird nicht berücksichtigt, wenn sie von keinem Teil der Rezeptorfläche aus sichtbar ist. Die Sichtbarkeitsberechnung basiert auf den folgenden Annahmen:

DHM: Höhenraster-Objekt: DGM5.wpg (34)

Rasterauflösung: 1,0 m

Alle Koordinatenangaben in:

Luxemburgian TM-LUREF (LU)



Maßstab 1:40.000

Neue WEA

Schattenrezeptor

WEA

X	Y	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung	Rotor-durchmesser	NH	Schattendaten							
				Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich	U/min						
R1/3	64.012,00	126.188,00	[m]	495,7	ENERCON E-138 EP3 E3 ...	Ja	ENERCON	E-138 EP3 E3-4.260	[kW]	4.260	[m]	138,3	160,0	[m]	1.686	[U/min]	10,8

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	X	Y	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
		[m]			[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
D1	Deiffelt - 37, Stackemer Pad	65.137,46	125.906,24	470,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D2	Deiffelt - 29, Stackemer Pad	65.163,81	125.843,65	467,5	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D3	Deiffelt - 38, Hauptstrooss	65.239,87	125.628,14	464,6	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D4	Deiffelt - 50, Hauptstrooss	65.188,50	125.546,63	455,6	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D5	Deiffelt - 52, Hauptstrooss	65.172,48	125.524,03	454,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D6	Deiffelt, Maison 43	65.223,45	125.593,13	462,2	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D7	Deiffelt - 53, Hauptstrooss	65.190,99	125.489,93	457,8	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D8	Deiffelt - 54, Hauptstrooss	65.155,18	125.509,08	454,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
L1	Lullange - 1, Antoniushaff	63.132,59	125.957,38	504,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
S1	Stockem - 20, Duärefstrooss	64.833,34	127.236,09	475,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
S2	Stockem - 16, An der Driicht	64.738,51	127.072,29	475,8	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
S3	Stockem - 21, An der Driicht	64.718,67	127.012,13	472,5	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
S4	Stockem - 16, Dänjer Wee	64.872,16	126.955,69	483,5	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
S5	Stockem - 1, Am Wämper Pad	64.391,89	126.795,90	465,3	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
W1	Wincrange - 7, Hauptstrooss	62.541,44	125.210,48	505,2	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0

Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

Nr. Name		astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattungsdauer
		Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr	Max.Schattendauer/Tag	Stunden/Jahr
		[h/a]	[d/a]	[h/d]	[h/a]
D1	Deiffelt - 37, Stackemer Pad	17:10	48	0:28	4:17

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:

15-1-3099-006

Stockem-Lentzweiler

Beschreibung:

WEA Stockem-Lentzweiler, Luxembourg

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH
Elisabeth-Consbruch-Straße 3
DE-34131 Kassel23, Ierwescht Duerf
9747 Enscherange

Benjamin Weinrich

Berechnet:

18.11.2025 09:29/4.1.273

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Zusatzbelastung 006

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattungsdauer	
		Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr	Max.Schattendauer/Tag	Stunden/Jahr	
		[h/a]	[d/a]	[h/d]	[h/a]	
D2	Deiffelt - 29, Stackemer Pad	17:44	51	0:28	4:24	
D3	Deiffelt - 38, Hauptstrooss	26:52	76	0:25	6:07	
D4	Deiffelt - 50, Hauptstrooss	15:25	47	0:24	3:16	
D5	Deiffelt - 52, Hauptstrooss	9:44	36	0:20	2:00	
D6	Deiffelt, Maison 43	24:46	66	0:26	5:30	
D7	Deiffelt - 53, Hauptstrooss	6:54	30	0:17	1:24	
D8	Deiffelt - 54, Hauptstrooss	4:34	24	0:14	0:54	
L1	Lullange - 1, Antoniusshaff	29:58	65	0:36	7:55	
S1	Stockem - 20, Duärrefstrooss	19:54	54	0:26	2:06	
S2	Stockem - 16, An der Driicht	31:17	72	0:29	3:39	
S3	Stockem - 21, An der Driicht	34:52	82	0:31	4:15	
S4	Stockem - 16, Diänjer Wee	19:56	54	0:29	3:02	
S5	Stockem - 1, Am Wämper Pad	62:39	102	0:45	8:19	
W1	Winrange - 7, Hauptstrooss	0:00	0	0:00	0:00	

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal	Erwartet
		[h/a]	[h/a]
R1/3	ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !OI NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (9)	216:12	38:56

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

Projekt:

15-1-3099-006

Stockem-Lentzweiler

Beschreibung:

WEA Stockem-Lentzweiler, Luxembourg

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH

Elisabeth-Consruch-Straße 3

DE-34131 Kassel

RAMBOLL

23, Ierwescht Duerf

9747 Enscherange

Benjamin Weinrich

Berechnet:

18.11.2025 09:40/4.1.273

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Gesamtbelastung 006

Annahmen für Schattenwurfberechnung

Beschattungsbereich der WEA

Schatten nur relevant, wo Rotorblatt mind. 20% der Sonne verdeckt

Siehe WEA-Tabelle

Minimale relevante Sonnenhöhe über Horizont

3 °

Tage zwischen Berechnungen

1 Tag(e)

Berechnungszeitsprung

1 Minuten

Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [ST-HUBERT]

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1,58	3,05	3,17	4,85	6,15	5,19	6,45	6,12	4,77	3,14	2,23	1,13

Betriebsdauer je Sektor

N	NNO	ONO	O	OSO	SSO	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Summe
265	349	533	757	676	526	657	1.040	1.471	1.234	760	428	8.696

Monatliche Aggregation der met. wahrsch. Reduzierung

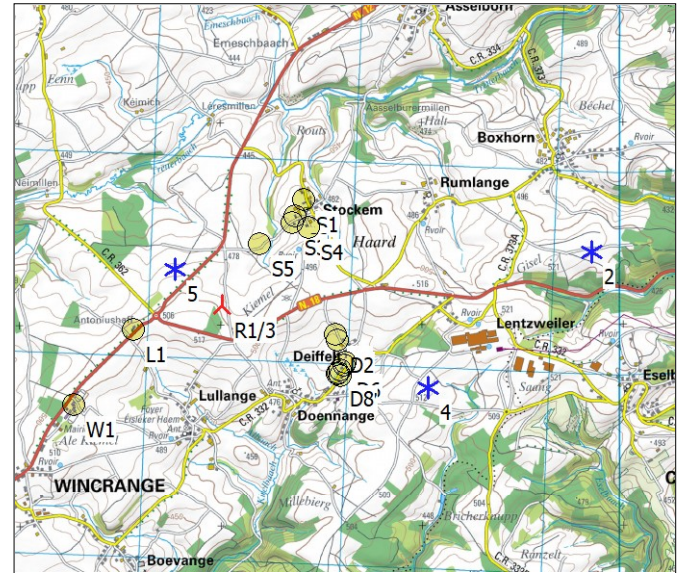
Eine WEA wird nicht berücksichtigt, wenn sie von keinem Teil der Rezeptorfläche aus sichtbar ist. Die Sichtbarkeitsberechnung basiert auf den folgenden Annahmen:

DHM: Höhenraster-Objekt: DGM5.wpg (34)

Rasterauflösung: 1,0 m

Alle Koordinatenangaben in:

Luxemburgian TM-LUREF (LU)



Maßstab 1:75.000

▲ Neue WEA
● Schattenrezeptor

* Existierende WEA

WEA

	X	Y	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung	Rotor-durchmesser	NH	Schattendaten	
					Ak-tuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]
2	67.686,14	126.716,08	510,9	ENERCON E-53 800 53.0 ... Ja		ENERCON	E-53-800	800	53,0	73,3	996	29,0
4	66.061,99	125.375,14	511,2	ENERCON E-53 800 53.0 ... Ja		ENERCON	E-53-800	800	53,0	73,3	996	29,0
5	63.548,27	126.558,80	484,2	ENERCON E-115 TES 300... Ja		ENERCON	E-115 TES-3.000	3.000	115,7	149,0	2.066	12,8
R1/3	64.012,00	126.188,00	495,7	ENERCON E-138 EP3 E3 ... Ja		ENERCON	E-138 EP3 E3-4.260	4.260	138,3	160,0	1.686	10,8

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	X	Y	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
D1	Deiffelt - 37, Stackemer Pad	65.137,46	125.906,24	470,7	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D2	Deiffelt - 29, Stackemer Pad	65.163,81	125.843,65	467,5	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D3	Deiffelt - 38, Hauptstrooss	65.239,87	125.628,14	464,6	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D4	Deiffelt - 50, Hauptstrooss	65.188,50	125.546,63	455,6	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D5	Deiffelt - 52, Hauptstrooss	65.172,48	125.524,03	454,4	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D6	Deiffelt, Maison 43	65.223,45	125.593,13	462,2	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D7	Deiffelt - 53, Hauptstrooss	65.190,99	125.489,93	457,8	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
D8	Deiffelt - 54, Hauptstrooss	65.155,18	125.509,08	454,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
L1	Lullange - 1, Antoniusshaff	63.132,59	125.957,38	504,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
S1	Stockem - 20, Duärrfestrooss	64.833,34	127.236,09	475,0	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
S2	Stockem - 16, An der Driicht	64.738,51	127.072,29	475,8	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
S3	Stockem - 21, An der Driicht	64.718,67	127.012,13	472,5	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
S4	Stockem - 16, Diänjer Wee	64.872,16	126.955,69	483,5	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
S5	Stockem - 1, Am Wämper Pad	64.391,89	126.795,90	465,3	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
W1	Wincrange - 7, Hauptstrooss	62.541,44	125.210,48	505,2	0,1	0,1	2,0	0,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0

Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattungsdauer	
		Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr	Max.Schattendauer/Tag	Stunden/Jahr	
		[h/a]	[d/a]	[h/d]	[h/a]	
D1	Deiffelt - 37, Stackemer Pad	23:45	57	0:40	6:05	
D2	Deiffelt - 29, Stackemer Pad	24:34	56	0:40	6:13	
D3	Deiffelt - 38, Hauptstrooss	41:34	94	0:40	9:15	

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:

15-1-3099-006

Stockem-Lentzweiler

Beschreibung:

WEA Stockem-Lentzweiler, Luxembourg

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH
Elisabeth-Consruch-Straße 3
DE-34131 Kassel**RAMBOLL**23, Ierwescht Duerf
9747 Enscherange

Benjamin Weinrich

Berechnet:

18.11.2025 09:40/4.1.273

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Gesamtbelastung 006

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer			met. wahrsch. Beschattungsdauer	
		Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr	Max.Schattendauer/Tag	Stunden/Jahr	
		[h/a]	[d/a]	[h/d]	[h/a]	
D4	Deiffelt - 50, Hauptstrooss	26:27	63	0:39	5:29	
D5	Deiffelt - 52, Hauptstrooss	18:07	54	0:33	3:41	
D6	Deiffelt, Maison 43	39:56	84	0:40	8:40	
D7	Deiffelt - 53, Hauptstrooss	14:12	48	0:29	2:52	
D8	Deiffelt - 54, Hauptstrooss	10:23	40	0:24	2:04	
L1	Lullange - 1, Antoniusshaff	29:58	65	0:36	8:32	
S1	Stockem - 20, Duärefstrooss	26:23	81	0:26	3:34	
S2	Stockem - 16, An der Driicht	38:40	99	0:29	5:21	
S3	Stockem - 21, An der Driicht	42:37	110	0:31	6:02	
S4	Stockem - 16, Diänjer Wee	26:07	78	0:29	4:27	
S5	Stockem - 1, Am Wämper Pad	77:13	140	0:45	11:41	
W1	Wincrange - 7, Hauptstrooss	0:00	0	0:00	0:00	

Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal	Erwartet
		[h/a]	[h/a]
2	ENERCON E-53 800 53.0 !-! NH: 73,3 m (Ges:99,8 m) (4)	0:00	0:00
4	ENERCON E-53 800 53.0 !-! NH: 73,3 m (Ges:99,8 m) (3)	12:54	2:34
5	ENERCON E-115 TES 3000 115.7 !O! NH: 149,0 m (Ges:206,9 m) (5)	67:25	14:45
R1/3	ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (9)	216:12	40:10

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

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

Projekt:

15-1-3099-006

Stockem-Lentzweiler

Beschreibung:

WEA Stockem-Lentzweiler, Luxembourg

Lizenzierter Anwender:

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

23, Ierwescht Duerf
 9747 Enscherange

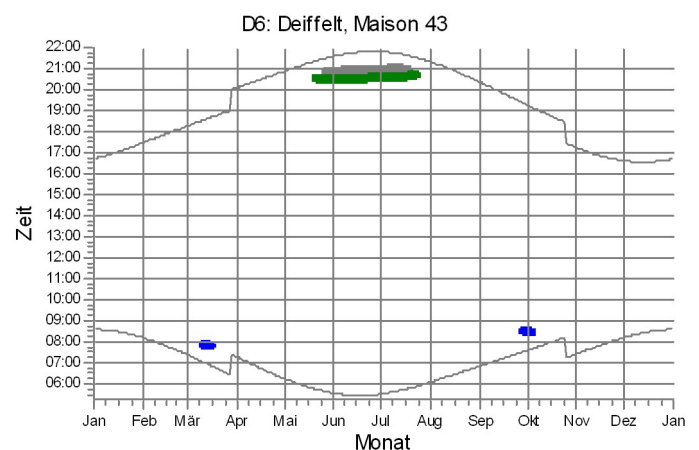
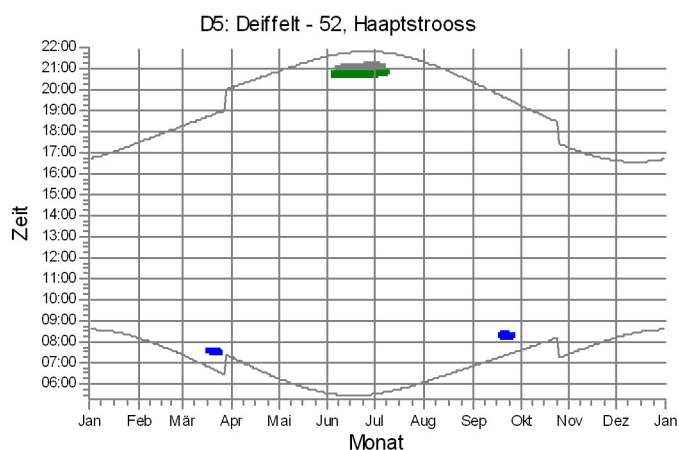
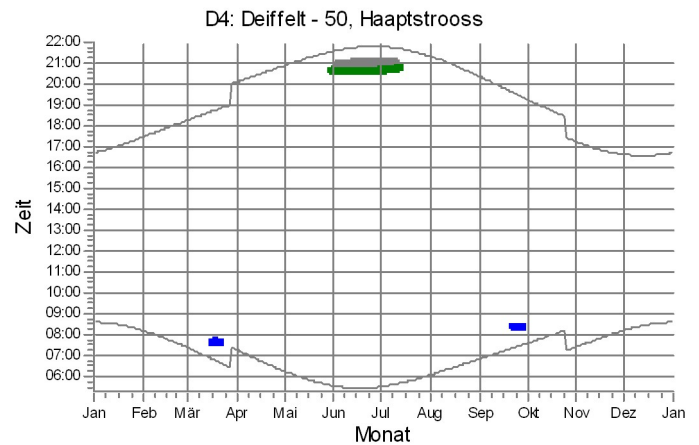
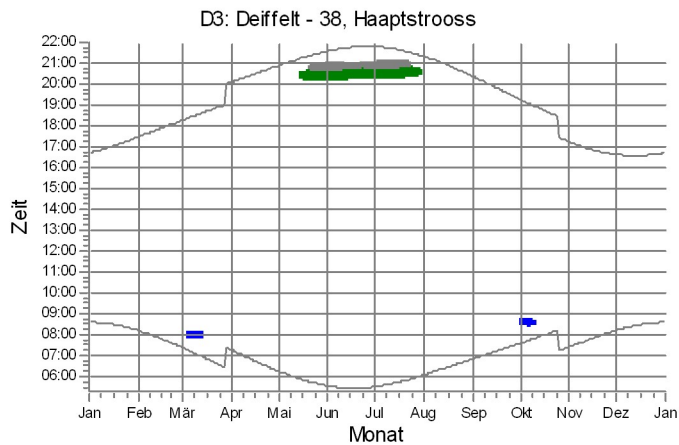
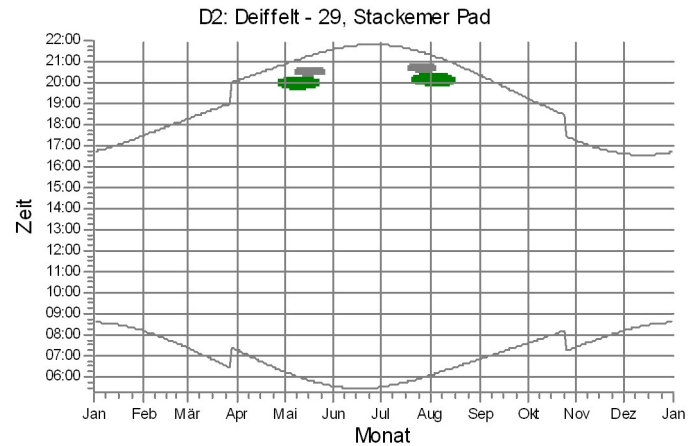
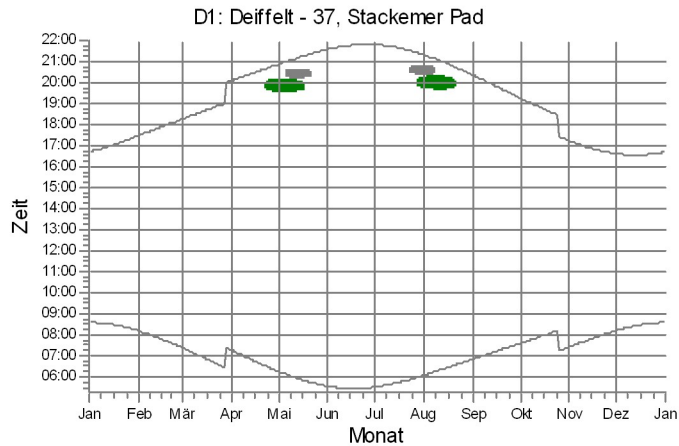
Benjamin Weinrich

Berechnet:

18.11.2025 09:40/4.1.273

SHADOW - Grafischer Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung 006



WEA



R1/3: ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (9)

4: ENERCON E-53 800 53.0 !-! NH: 73,3 m (Ges:99,8 m) (3)

5: ENERCON E-115 TES 3000 115.7 !O! NH: 149,0 m (Ges:206,9 m) (5)

Projekt:
15-1-3099-006
Stockem-Lentzweiler

Beschreibung:
WEA Stockem-Lentzweiler, Luxembourg

23, Ierwescht Duerf
9747 Enscherange

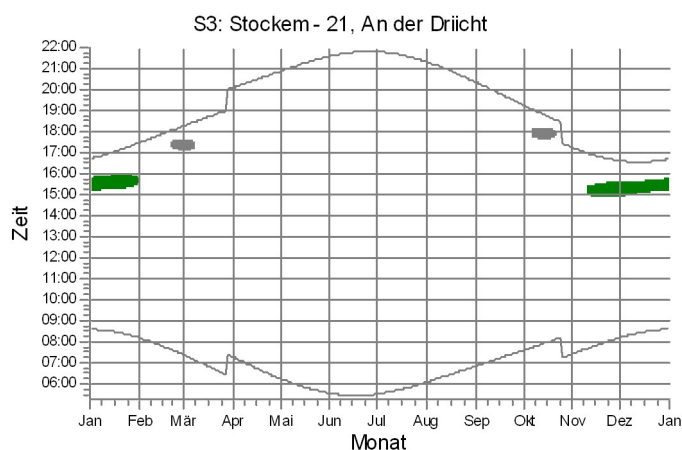
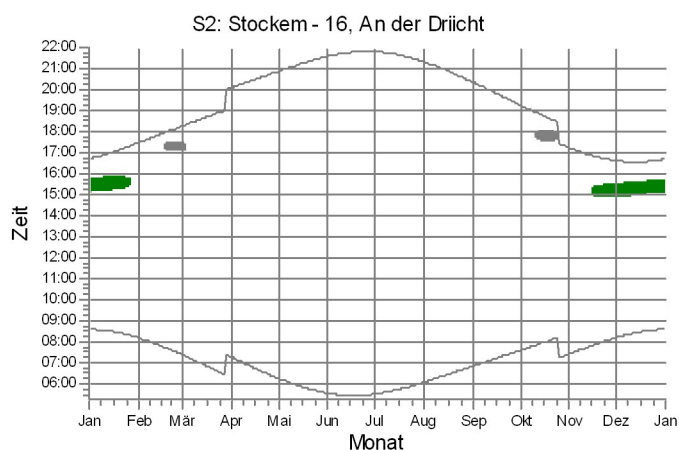
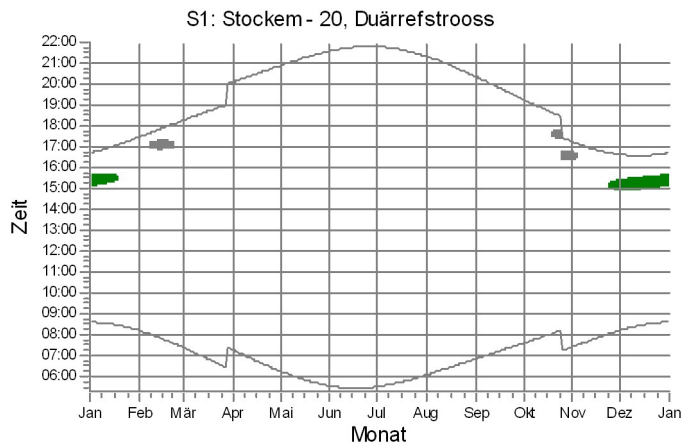
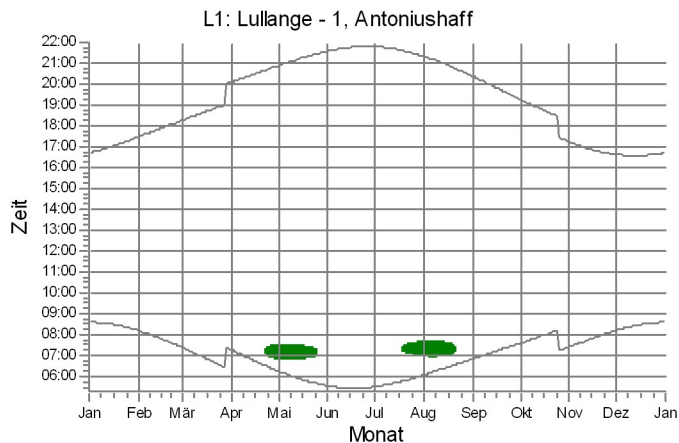
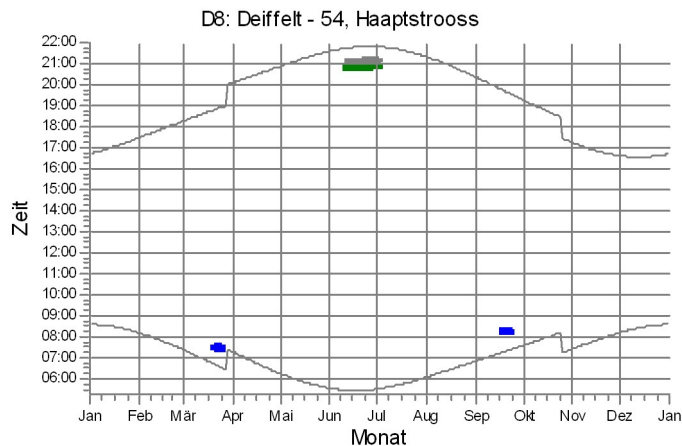
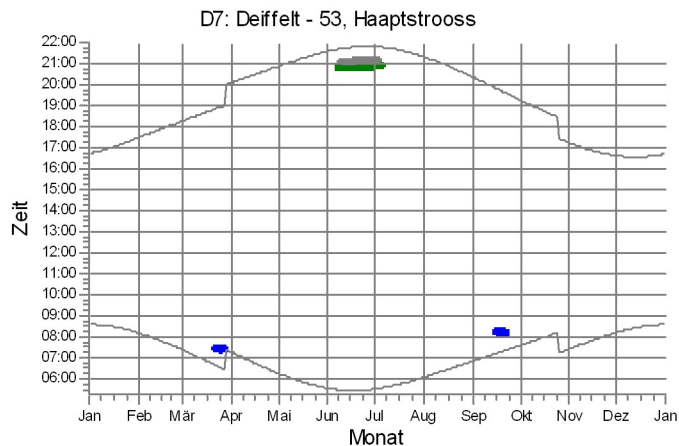
Lizenzierter Anwender:
Ramboll Deutschland GmbH
Elisabeth-Consruch-Straße 3
DE-34131 Kassel



Benjamin Weinrich
Berechnet:
18.11.2025 09:40/4.1.273

SHADOW - Grafischer Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung 006



WEA

- R1/3: ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (9)
- 4: ENERCON E-53 800 53.0 !-! NH: 73,3 m (Ges:99,8 m) (3)
- 5: ENERCON E-115 TES 3000 115.7 !O! NH: 149,0 m (Ges:206,9 m) (5)

Projekt:
15-1-3099-006
Stockem-Lentzweiler

Beschreibung:
WEA Stockem-Lentzweiler, Luxembourg

23, Ierwescht Duerf
9747 Enscherange

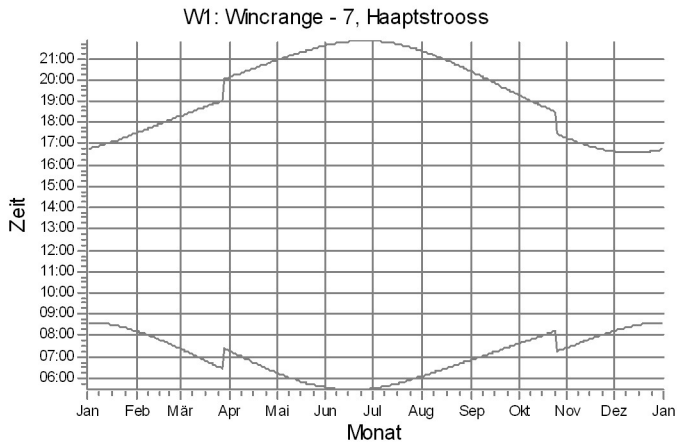
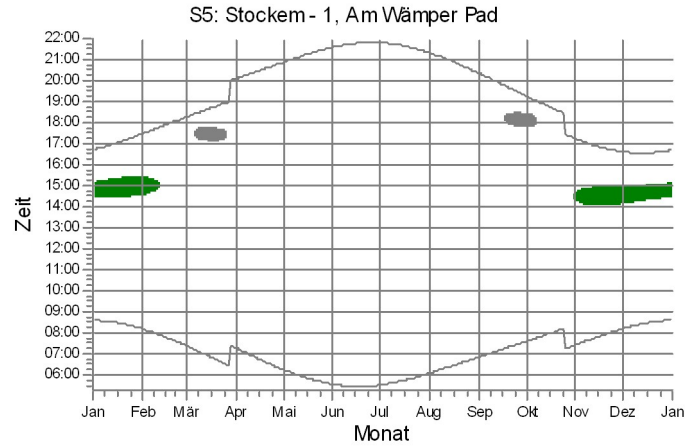
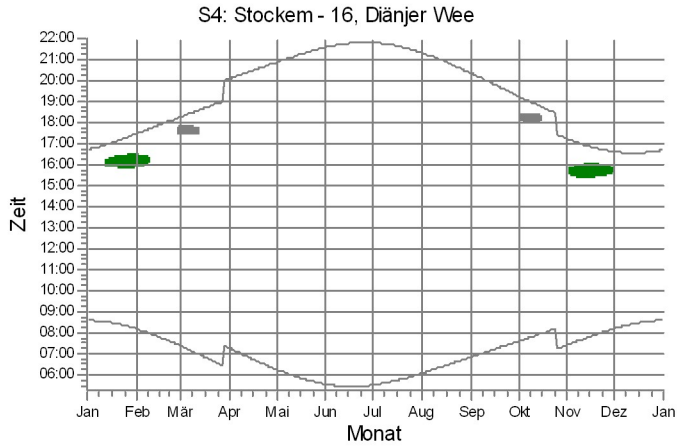
Lizenzierter Anwender:
Ramboll Deutschland GmbH
Elisabeth-Consruch-Straße 3
DE-34131 Kassel



Benjamin Weinrich
Berechnet:
18.11.2025 09:40/4.1.273

SHADOW - Grafischer Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung 006



WEA



R1/3: ENERCON E-138 EP3 E3 4260 138.3 !O! NH: 160,0 m (Ges:229,1 m) (9)

5: ENERCON E-115 TES 3000 115.7 !O! NH: 149,0 m (Ges:206,9 m) (5)

Anhang: Akkreditierung und theoretische Grundlagen

Akkreditierung



Die Deutsche Akkreditierungsstelle bestätigt mit dieser **Akkreditierungsurkunde**, dass die

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

ein Prüflaboratorium betreibt, das die Anforderungen gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 für die in der nachfolgend aufgeführten Anlage näher spezifizierten Konformitätsbewertungstätigkeiten erfüllt. Dies schließt zusätzlich bestehende gesetzliche und normative Anforderungen an das Prüflaboratorium ein, einschließlich solcher in relevanten sektoralen Programmen, sofern diese in der nachfolgend aufgeführten Anlage ausdrücklich bestätigt wird.

D-PL-21488-01-01 **Gültig ab: 16.07.2024**

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

Diese Akkreditierung wurde gemäß Art. 5 Abs. 1 Satz 2 VO (EG) 765/2008, nach Durchführung eines Akkreditierungsverfahrens unter Beachtung der Mindestanforderungen der DIN EN ISO/IEC 17011 und auf Grundlage einer Bewertung und Entscheidung der eingesetzten Akkreditierungsausschüsse ausgestellt.

Diese Akkreditierungsurkunde gilt nur in Verbindung mit dem Bescheid vom 16.07.2024. Sie besteht aus diesem Deckblatt, der Rückseite des Deckblatts und der dazugehörigen Anlage.

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

Berlin, 20.10.2025

Im Auftrag
B. Sc. Maik Kadraba
Fachbereichsleitung

Diese Akkreditierungsurkunde wurde ausgestellt durch die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH. Sie ist digital gesiegelt und ohne Unterschrift gültig. Sie gibt den Stand zum Zeitpunkt des Ausstellungsdatums wieder. Der jeweils aktuelle Stand der gültigen und überwachten Akkreditierung ist in der Datenbank akkreditierter Stellen der Deutschen Akkreditierungsstelle zu entnehmen (www.dakks.de).

[Akkreditierungsurkunde](#)

THEORETISCHE GRUNDLAGEN

1 SONNENSTAND

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

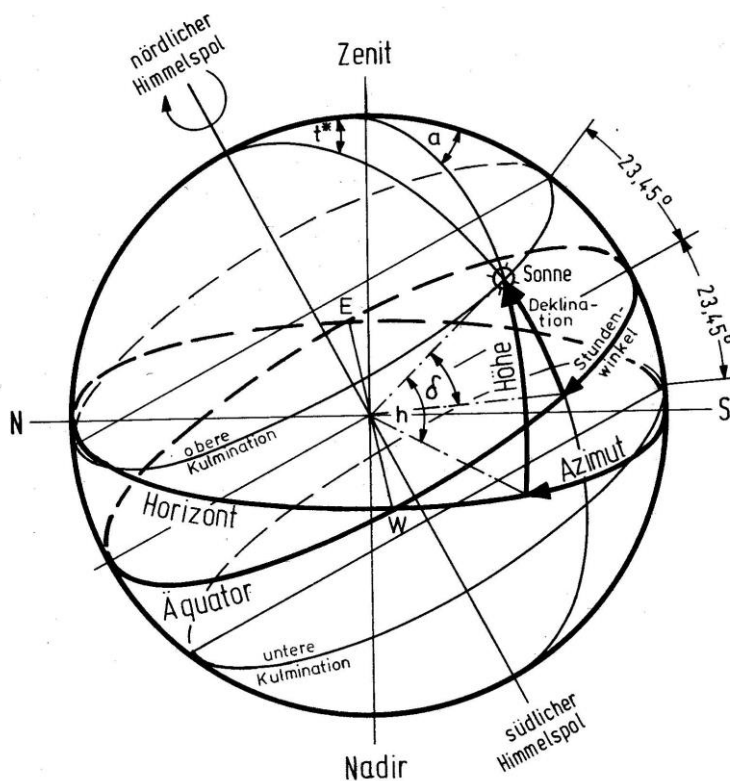


Abbildung 1: Winkelzusammenhänge des Sonnenstands an einem Betrachtungspunkt

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

- **Deklination δ :** 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°]
- **Sonnenhöhe h :** Einfallswinkel der Sonne gegenüber einer horizontalen Fläche.
- **Stundenwinkel ω :** Winkel zwischen dem Sonnenhöchststand und der aktuellen Sonneneinstrahlung.

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

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

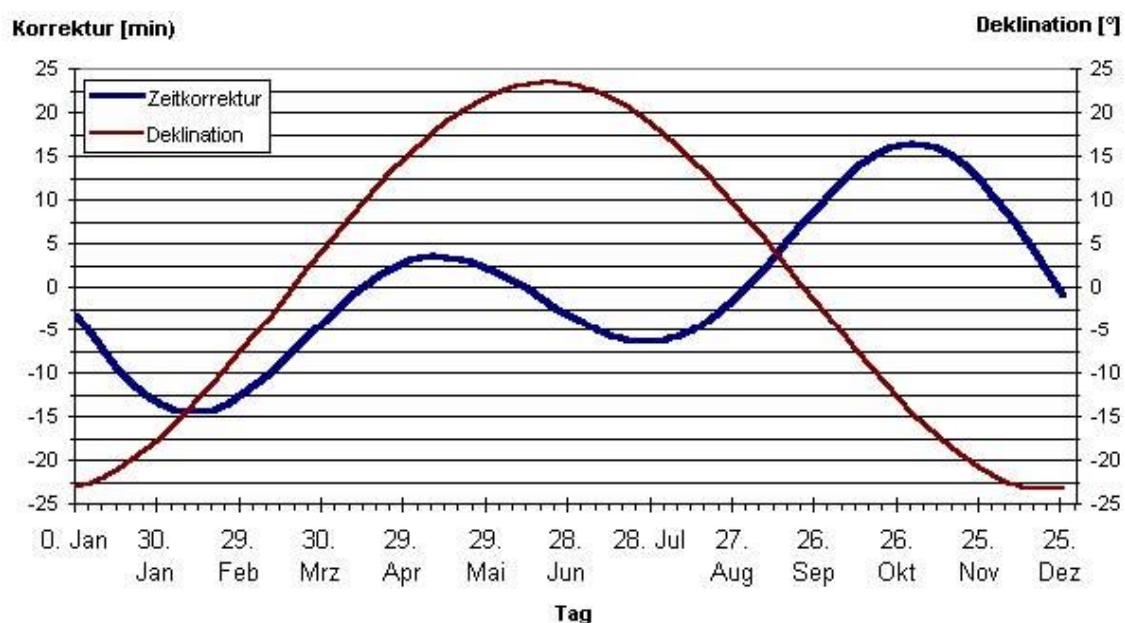


Abbildung 2: Zeitkorrektur und Deklination über ein Jahr

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

2 SCHATTENWURF VON WEA

2.1 Beschattungsbereich

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

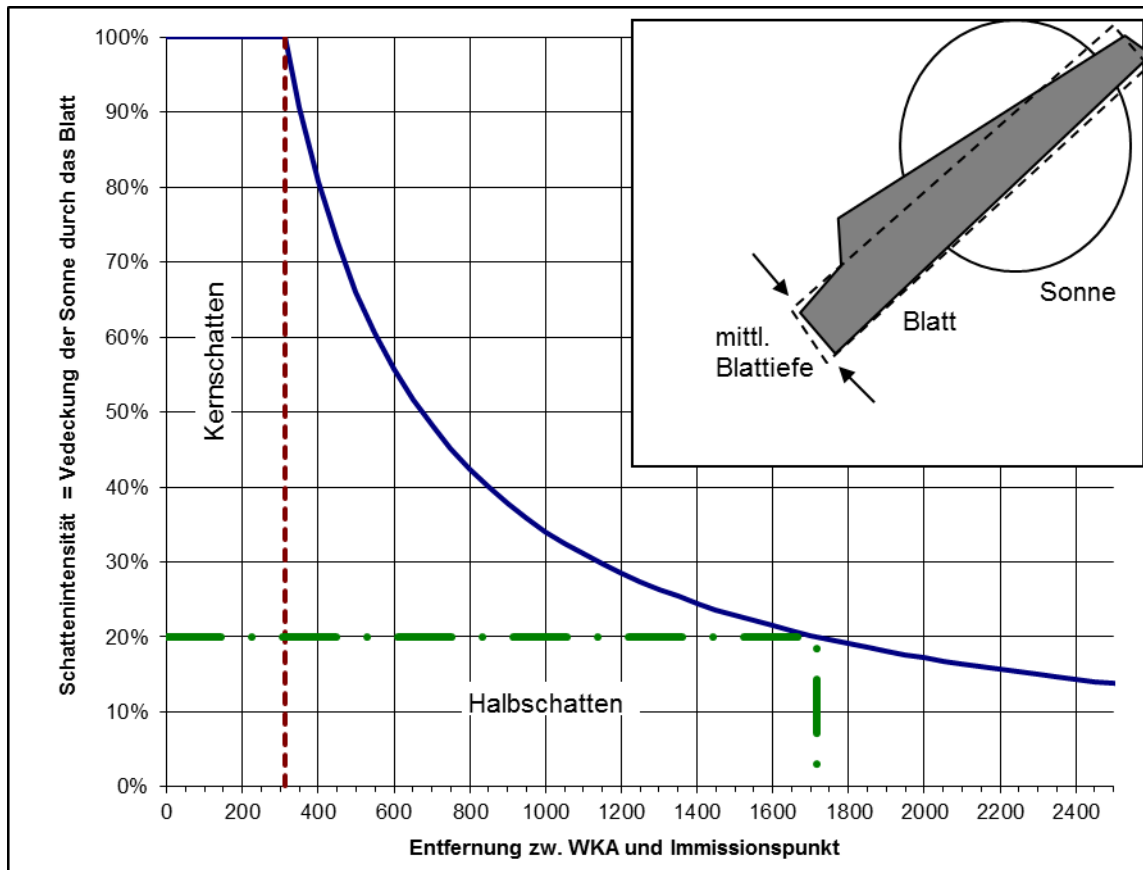


Abbildung 3: Schattenintensität in Abhängigkeit von Rotorblatattiefe und Entfernung

2.2 Schattenverlauf und Berechnung der Beschattungsdauern

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

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

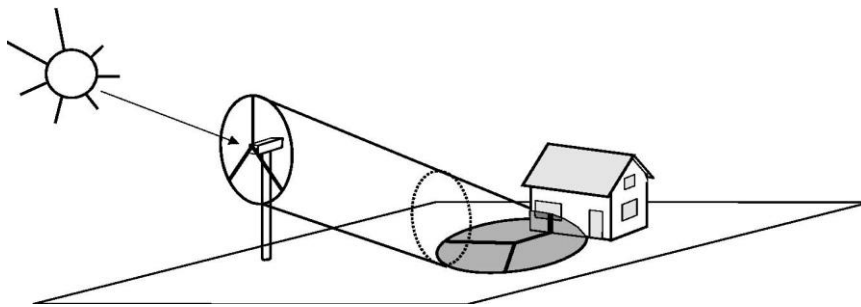


Abbildung 4: Schattenwurf des Rotors

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

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

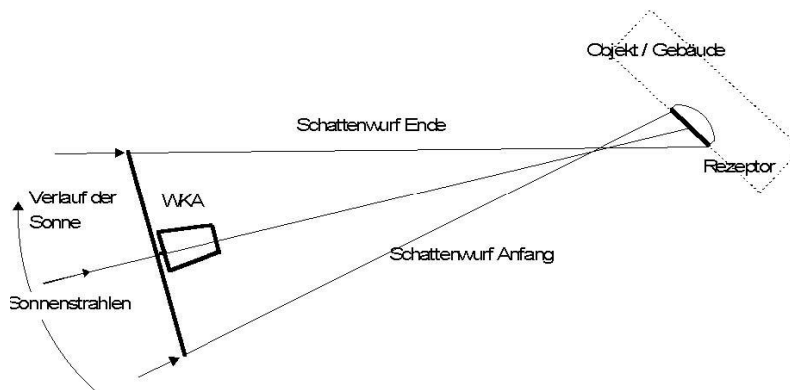


Abbildung 5: Schattenbeziehung WEA – Gebäude (Draufsicht)

2.3 Richtlinien

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

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

2.4 Wahrscheinlichkeitsbetrachtung

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

2.4.1 Sonnenscheinwahrscheinlichkeit

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

2.4.2 Reduktion der Schattenwurfdauer durch den Azimutwinkel

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

Als Basis dient hier die Windrichtungsverteilung in 12 Sektoren, die einem Windgutachten oder einer in der Nähe gemessenen Windstatistik aus einer meteorologischen Station entnommen werden kann. Entsprechend der sektoriellen Windrichtungsverteilung wird die relevante 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 Schattenendes, also die Dauer des Schattenwurfs auf den Immissionspunkt.

2.4.3 Schattenwurf nur bei Betrieb der Anlage

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

3 LITERATURVERZEICHNIS – THEORETISCHE GRUNDLAGEN

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