

TÜV RHEINLAND ENERGY GMBH



Berechnung der Schattenwurf-Belastung für die geplanten Windenergieanlagen der Firma Solarpower S.A. in Differdingen, Luxemburg

TÜV-Bericht Nr.: 936/21246682/A2

Köln, 03.04.2020

www.umwelt-tuv.de



tre-service@de.tuv.com

Die TÜV Rheinland Energy GmbH ist mit der Abteilung Immissionsschutz
unter anderem für die Arbeitsgebiete:

Windenergieanlagen: Bestimmung von Windpotential, Energieerträgen, Standorterträgen und Standortgüte nach EEG, standortbezogenen Turbulenzcharakteristika und Extremwinde; Schallimmissionsprognosen, Schattenwurfimmissionsberechnung und Sichtbarkeitsbestimmung

nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert.

Die Akkreditierung ist gültig bis 10-12-2022. DAkKS-Registriernummer: D-PL-11120-02-00.

Die TÜV Rheinland Energy GmbH ist in Luxemburg als *Organisme Agréé* unter der Zulassungsnummer OA/2019/001 zugelassen.

Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichtes bedarf der schriftlichen Genehmigung.

TÜV Rheinland Energy GmbH
D-51105 Köln, Am Grauen Stein, Tel: 0221 806-5200, Fax: 0221 806-1349

E1_B_Solarpower_WP Differdange_Impaktstudie
Schattenwurf_(1942329_2019_936_21246682A2)_20200403.docx

Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage D-PL-11120-02-00 festgelegten Umfang.

Leerseite

Berechnung der Schattenwurf-Belastung für die geplanten Windenergieanlagen
der Firma Solarpower S.A. in Differdingen, Luxemburg,
Berichts-Nr. 936/21246682/A2

Seite 3 von 49



Berechnung der Schattenwurf-Belastung für die geplanten Windenergieanlagen der Firma Solarpower S.A. in Differdingen, Luxemburg

Name der als Organisme Agréé bekannt gegebenen Stelle:	TÜV Rheinland Energy GmbH
Befristung der Bekanntgabe:	31.03.2022
Berichtsnummer / Datum:	936/21246682/A2 03.04.2020
Betreiber:	Solarpower S.A. 2a, Avenue du Prince Henri, L-6735 Grevenmacher
Standort:	Differdingen, Luxembourg Koordinaten LUREF 59.425 m, 63.225 m
Art der Begutachtung:	Schattenwurfberechnung
Auftraggeber:	Solarpower S.A. 2a, Avenue du Prince Henri, L-6735 Grevenmacher
Auftragsdatum:	19.4.2019
Kundennummer:	1942329
Bearbeiter:	Dr. rer. nat. Kai Born Tel.: +49 221 806-4230 Email: kai.born@de.tuv.com
Berichtsumfang:	insgesamt 49 Seiten Anhang ab Seite 31
Aufgabenstellung:	Prognose der schädlichen Umwelteinwirkungen durch Schattenwurf

Zusammenfassung

Die Solarpower S.A. plant den Bau von insgesamt 2 WEA in Differdingen, Luxemburg. Es sind des Typs Nordex N149/4.5 mit zwei alternativen Nabenhöhen (125 m oder 164 m) geplant. Als Grenzwerte werden die in [1] empfohlenen und z. B. in [2] übernommenen Werte vorgeschlagen. Danach ist an WEA, die an Schattenrezeptoren mehr als 30 h / a astronomisch mögliche Beschattungsdauer erzeugen, für eine Abschaltung zu sorgen, wenn die reale Beschattungsdauer an einem Immissionsort 8 h pro Jahr oder 30 min pro Tag übersteigt. Die Belastung wurde mit Hilfe einer Berechnung astronomisch maximal möglicher Beschattungszeiten bewertet.

An verschiedenen Immissionsorten sind bei durchgehendem Betrieb aller Anlagen Überschreitungen der maximal zulässigen Beschattungszeiten zu erwarten. Daher hat eine Steuerung durch Abschaltungen zu erfolgen. Für den geplanten Windpark werden in beiden Aufstellungsvarianten Schattenwurfmodule vorgesehen, die meteorologische Parameter (Bedeckung bzw. Solarstrahlung) bewerten und die Abschaltungen zentral überwachen, so dass an den betroffenen Immissionsorten keine realen Beschattungsdauern von mehr als 8h/Jahr bzw. 30 min/Tag durch den sich bewegenden Rotor erfolgen.

Aus den Überschreitungszeiten werden Abschaltzeiten berechnet, bei denen keine Überschreitungen der Grenzwerte für die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer erfolgen. Unter Berücksichtigung der meteorologischen Parameter (Windstärke, Sonnenschein/Bedeckung) wird eine daraus resultierende Energieertrags-Verlustrate geschätzt:

		Erforderliche Abschaltzeiten [hh:mm]	Maximal mögliche Ertragsverlustrate	Meteorol. erwartete Ertragsverlustrate
Konstellation „Nordex N149 125 m“				
WEA 1	Nordex N149 – 125 m	220:13	2,51%	0,67%
WEA 2	Nordex N149 – 125 m	264:54	3,02%	0,81%
Konstellation „Nordex N149 164 m“				
WEA 1	Nordex N149 – 164 m	234:29	2,68%	0,71%
WEA 2	Nordex N149 – 164 m	305:50	3,49%	0,93%

Revisionen:

936/21246682/A	13.02.2020	Erste Version
936/21246682/A1	21.02.2020	Anpassung der Koordinaten der WEA
936/21246682/A2	03.04.2020	Berücksichtigung der Vorbelastung (Kap. 3.1.2)

INHALTSVERZEICHNIS

SEITE

1	Aufgabenstellung	7
1.1	<i>Allgemeine Informationen und beteiligte Parteien</i>	7
1.2	<i>Konkretisierung der Aufgabenstellung</i>	7
1.3	<i>Vorgehensweise</i>	7
1.4	<i>Methodik, verwendete Hilfsmittel und Programme</i>	8
2	Örtliche Verhältnisse	8
2.1	<i>Standortbeschreibung</i>	8
2.2	<i>Standortbesichtigung</i>	9
2.3	<i>Topografische Eingangsdaten</i>	9
3	Informationen zum Windpark	12
3.1	<i>Beschreibung der Anlagen</i>	12
3.2	<i>Immissionsorte</i>	14
4	Berechnung der Zeiten der Beeinträchtigung durch Schattenwurf	18
4.1	<i>Methodik und Bewertungsgrundlage</i>	18
4.2	<i>Ergebnisse der Berechnung der Beschattungsdauer - Vorbelastung</i>	19
4.3	<i>Berechnungsvarianten</i>	19
4.4	<i>Ergebnisse der Berechnung der Beschattungsdauer für die geplanten WEA</i>	19
4.5	<i>Schlussfolgerungen</i>	30
5	Anhang	31
A1	<i>Literatur und verwendete Unterlagen</i>	32
A2	<i>Beschreibung des Schattenwurf-Steuerungsmoduls der Nordex Energy GmbH</i>	33
A3	<i>Detaillierte Protokolle der Schattenwurfberechnung</i>	34
A4	<i>Kalender pro WEA: Tägliche Abschaltzeiten</i>	46

Leerseite

1 Aufgabenstellung

1.1 Allgemeine Informationen und beteiligte Parteien

Auftraggeber:	Solarpower S.A. 2a, Avenue du Prince Henri, L-6735 Grevenmacher
Betreiber:	Solarpower S.A. 2a, Avenue du Prince Henri, L-6735 Grevenmacher
Ansprechpartner:	Herr Mike Hein, Frau Clarisse Fischer
Standort:	Differdingen, Luxembourg Koordinaten: LUREF 59.425 m, 63.225 m
Anlage:	2 Windenergieanlagen (WEA)
Aufgabenstellung:	Prognose der schädlichen Umwelteinwirkungen durch Schattenwurf
Bearbeiter:	Dr. Kai Born
Beteiligte weitere Institute:	nein

1.2 Konkretisierung der Aufgabenstellung

Der Betreiber plant die Errichtung von 2 WEA in Differdingen, Luxembourg. Es werden folgende Anlagentypen betrachtet:

Szenario	Stück	Typ	Leistung	Nabenhöhe
Nordex 125	2	Nordex N149	4.500 kW	125,0 m
Nordex 164	2	Nordex N149	4.500 kW	164,0 m

Bestehende und bereits beantragte benachbarte WEA werden gegebenenfalls als Vorbelastung bewertet.

Die TÜV Rheinland Energy GmbH wurde beauftragt, die erwarteten Umwelteinwirkungen durch Schattenwurf in der Umgebung der Anlagen zu berechnen.

Die Immissionsprognose wird entsprechend den Empfehlungen des Windenergie-Erlasses [2] bzw. der zugrunde liegenden Sachinformation zu optischen Immissionen von WEA [3] durchgeführt. Die geplanten Standortkoordinaten und Anlagendaten sind durch den Auftraggeber genannt worden. Die Vorgehensweise ist in einem Untersuchungskonzept ([4]) abgestimmt worden.

1.3 Vorgehensweise

Als Immissionsorte werden 47 nahe gelegene Wohnhäuser ausgewählt. Die lärmbezogenen Immissionsorte (11 Stück) wurden im genannten Untersuchungskonzept ([4]) abgestimmt. Weitere 36 wurden nur für die Betrachtung des Schattenimpakts ohne nähere Beschreibung hinzugenommen, weil die Gebietsausweisung im PAG und die Ausrichtung / Form der Gebäude für eine Bewertung des Impakts durch Schattenwurf nicht relevant ist; trotzdem sind für ihren Schutz weitere Abschaltzeiten erforderlich.

In der näheren Umgebung befinden sich keine weiteren WEA, die eine nennenswerte Vorbelastung bewirken. Die Gesamtbelastung durch Schattenwurf, bestehend aus Vorbelastung durch Bestandsanlagen und Zusatzbelastung, wird für die relevanten Immissionsorte bestimmt.

Es erfolgen zwei Schritte der Berechnung:

1. Bestimmung der Beschattungsdauern bei vollem Betrieb der geplanten WEA.
2. Bestimmung der Beschattungsdauern unter Berücksichtigung eines Abschaltkalenders.

Als Bewertungskriterium werden die in [3], [2], [5] genannten maximal zu gestattenden Beschattungszeiten von 30 h/Jahr und darüber hinaus von 30 min / Tag vorgeschlagen. Der astronomisch mögliche Immissionswert von 30 h / Jahr entspricht der meteorologisch wahrscheinlichen Beschattung von ca. 8 h / Jahr.

An WEA, die an einem einzelnen Schattenrezeptor eine Beschattungsdauer von mehr 30 h/a oder 30 min/d erzeugen, muss eine Abschaltvorrichtung sicherstellen, dass die Gesamtbeschattung des Rezeptors 8 h/a nicht übersteigt.

Im nächsten Kapitel werden zunächst die Lage der Windenergieanlagen und die Umgebung beschrieben; in Kapitel 3 wird die Anlagenbeschreibung vorgenommen. In Kap. 4 wird die Berechnung der Schattenwurfzeiten beschrieben.

1.4 Methodik, verwendete Hilfsmittel und Programme

Die Festlegung der Grenzwerte erfolgt nach den Hinweisen des LAI [5], eingearbeitet und spezifiziert in den Windenergieerlassen NRW [2], [1]. Für die räumliche Darstellung und die Berechnungen wird WindPro V. 3.3 [6], verwendet.

2 Örtliche Verhältnisse

2.1 Standortbeschreibung

Das Windparkgelände befindet sich in Luxemburg im Distrikt Luxemburg, Kanton Esch-sur-Alzette, Gemeinde Differdingen. (s. **Abbildung 1**). Das Windparkareal befindet sich südlich des Orts Differdingen in der Nähe der französischen Grenze.

Naturräumlich/geografisch ist der Standort dem luxemburgischen Lothringer Braunjuraland zuzuordnen. Die nähere Umgebung ist von Wald (Forstbetrieb) und von Feldbau mit kleineren Windbrüchen sowie mit Siedlungspunkten / Wohnhäusern im Außenbereich geprägt. In Differdingen liegt kleinstädtische Bebauung (3-5 Geschosse) und Industrie vor. Die Geländeform ist mäßig bis stark topografisch gegliedert.

Berechnung der Schattenwurf-Belastung für die geplanten Windenergieanlagen
der Firma Solarpower S.A. in Differdange, Luxemburg,
Berichts-Nr. 936/21246682/A2

Seite 9 von 49

Standort:	
Koordinaten	LUREF 59.425 m, 63.225 m



Abbildung 1: Standorte der geplanten WEA (rote Kreise). Quelle Karte: geoportail.lu

2.2 Standortbesichtigung

Eine Standortbesichtigung erfolgte am 15.5.2019 durch Dipl.-Ing. Florian Fennel (Mitarbeiter TÜV Rheinland, Lärmschutz). In diesem Zusammenhang wurden die lärmbezogenen Immissionsorte besichtigt und dokumentiert.

2.3 Topografische Eingangsdaten

2.3.1 Geländehöhen

Die Geländehöhen wurden von der *administration du cadastre et de la topographie (ACT)* zur Verfügung gestellt [7]. Sie liegen auf einem Raster mit einer Gitterweite von 5m vor. Die Geländehöhen wurden außerhalb der Landesgrenze Luxemburgs durch Daten der *European Environmental Agency (EEA)* als EU-DEM v.1.1 (<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/copernicus-land-monitoring-service-eu-dem>) ergänzt, die auf einer korrigierten Version des SRTM-Datensatzes [8] basieren. Sie liegen auf einem Raster mit einer Gitterweite von 1 Bogensekunde (ca. 30 m) vor. Das digitale Geländemodell der näheren Umgebung ist in **Abbildung 2** dargestellt.

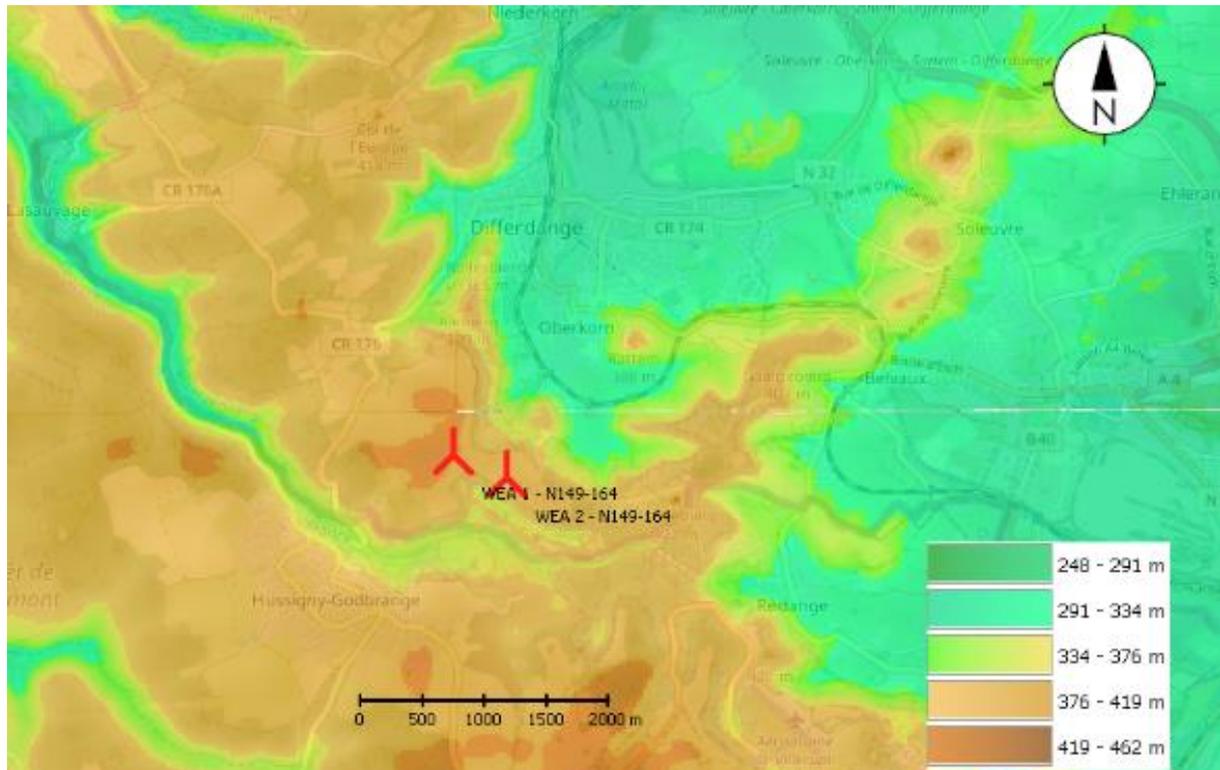


Abbildung 2: Geländehöhen der näheren Umgebung.

2.3.2 Landnutzung und Rauigkeiten

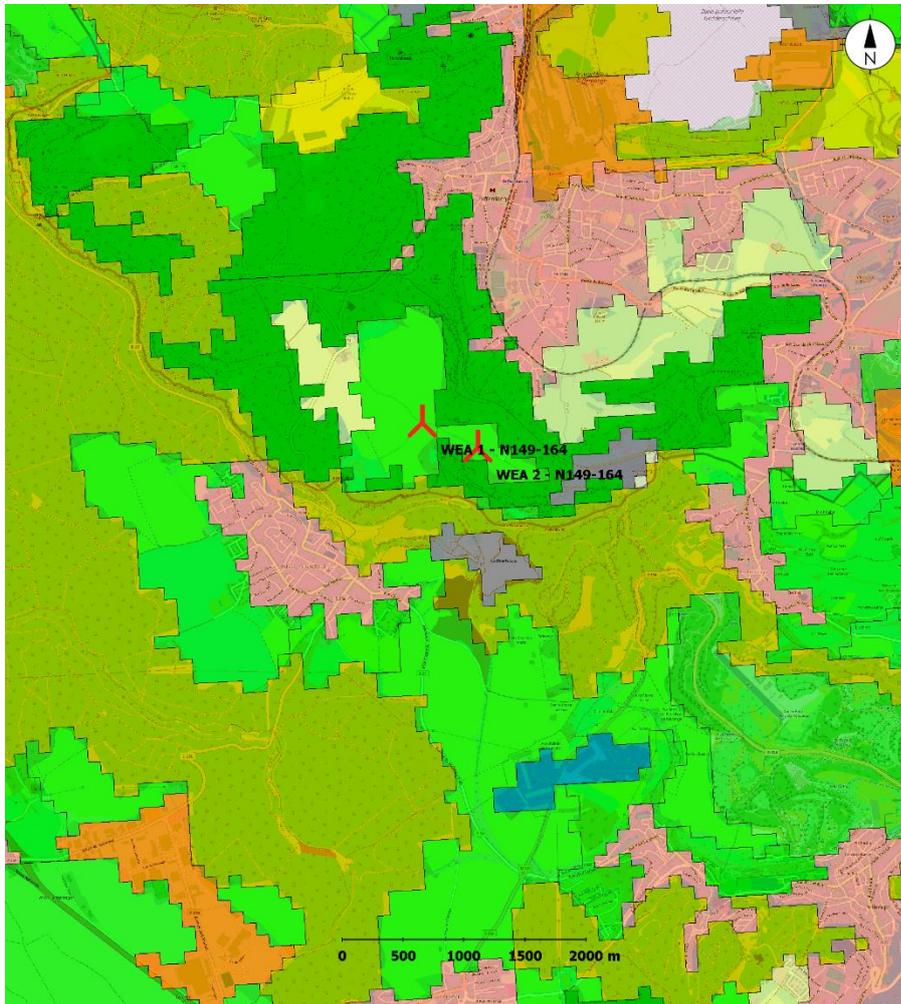
Die Landnutzungstypen und zugehörigen Rauigkeiten basieren auf einer überarbeiteten Version des CORINE-Landnutzungskatasters [9]. In der Umgebung befinden sich in Waldgebiete.

Die direkte Umgebung des Windparks ist landwirtschaftlich durch Ackerbau und Forstwirtschaft genutzt. Bebauungen sind dörflichen Charakters (Splittersiedlungen als Außenbereich, in Differdingen und Hussigny-Godbrange auch Wohnbereich).

Der Wald wird nicht als Sichthindernis berücksichtigt (konservative Betrachtung).

Berechnung der Schattenwurf-Belastung für die geplanten Windenergieanlagen
der Firma Solarpower S.A. in Differdingen, Luxemburg,
Berichts-Nr. 936/21246682/A2

Seite 11 von 49



- 0,0360m(cl.1,2) Pastures 2.3.1
- 0,0560m(cl.1,5) Non-irrigated arable land 2.1.1
- 0,4000m(cl.3,0) Discontinuous urban fabric 1.1.2
- 0,5000m(cl.3,2) Broad-leaved forest 3.1.1
- 0,5000m(cl.3,2) Coniferous forest 3.1.2
- 0,0560m(cl.1,5) Complex cultivation patterns 2.4.2
- 0,5000m(cl.3,2) Mixed forest 3.1.3
- 0,4000m(cl.3,0) Transitional woodland-shrub 3.2.4
- 0,1000m(cl.2,0) Mineral extraction sites 1.3.1
- 0,7000m(cl.3,4) Industrial or commercial units 1.2.1
- 0,1000m(cl.2,0) Dump sites 1.3.2
- 0,0560m(cl.1,5) Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation 2.4.3
- 0,4000m(cl.3,0) Green urban areas 1.4.1
- 0,5000m(cl.3,2) Continuous urban fabric 1.1.1

Abbildung 3: Landnutzung / Rauigkeiten der näheren Umgebung.

3 Informationen zum Windpark

3.1 Beschreibung der Anlagen

3.1.1 Geplante Anlagen

Beschreibung der Anlagen (nach Betreiberangaben):

WEA Typ 1: Nordex N125

Anzahl:	2
Nabenhöhe:	164 m
Rotordurchmesser:	149,0 m
Nennleistung:	4.500 kW
Steuerung:	Pitch

WEA Typ 2: Nordex N149

Anzahl:	2
Nabenhöhe:	164 m
Rotordurchmesser:	149,0 m
Nennleistung:	4.500 kW
Steuerung:	Pitch

Tabelle 1: Koordinaten und Kenndaten der geplanten WEA.

Nr	Koordinaten LUREF			Hersteller	Typ	Nennleistung [kW]	Rotor- durchmes- ser [m]	Naben- höhe [m]
	Ost	Nord	Höhe ü. Gr.					
	[m]	[m]	[m]					
N149-125-1	59.213	63.315	418,1	Nordex	N149	4.500	149,0	125,0
N149-125-2	59.666	63.111	410,7	Nordex	N149	4.500	149,0	125,0
N149-164-1	59.213	63.315	418,1	Nordex	N149	4.500	149,0	164,0
N149-164-2	59.666	63.111	410,7	Nordex	N149	4.500	149,0	164,0

3.1.2 Bestandsanlagen und genehmigte Anlagen zur Bestimmung der Vorbelastung

Benachbarte Bestandsanlagen (*Longuyon* und *Parc éolien de Fillières*, Positionsdaten von OSM Streetmap und weitergehende Informationen von www.thewindpower.net) und ein geplanter Windpark (*Audunois Nord* bei *Bréhain-la-Ville*, beschrieben in [10], [11]) sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Berechnung der Schattenwurf-Belastung für die geplanten Windenergieanlagen der Firma Solarpower S.A. in Differdingen, Luxemburg, Berichts-Nr. 936/21246682/A2

Seite 13 von 49

Tabelle 2: Koordinaten und Kenndaten der benachbarten Bestandsanlagen und der geplanten WEA.

Nr	Koordinaten LUREF			Hersteller	Typ	Nennleistung [kW]	Rotor- durchmesser [m]	Naben- höhe [m]
	Ost [m]	Nord [m]	Höhe ü. Gr. [m]					
Bestandsanlagen								
Longuyon	53388	60857	371,9	Siemens	SWT 2,3/82	2.300	82,0	80,0
Fillières 1	56686	54792	391,3	Nordex	N90/2.5	2.500	90,0	80,0
Fillières 2	56301	54474	387,2	Nordex	N90/2.5	2.500	90,0	80,0
Fillières 3	55901	54146	383,5	Nordex	N90/2.5	2.500	90,0	80,0
Fillières 4	55575	53872	378,2	Nordex	N90/2.5	2.500	90,0	80,0
Geplante Anlagen:								
Audunois Nord 1	59852	57486	417,7	Nordex	N117/2.4	2.400	116,8	91,0
Audunois Nord 2	60459	57301	425,6	Nordex	N117/2.4	2.400	116,8	91,0
Audunois Nord 3	60998	57311	433,9	Nordex	N117/2.4	2.400	116,8	91,0
Audunois Nord 4	61571	56725	432,0	Nordex	N117/2.4	2.400	116,8	91,0
Audunois Nord 5	60855	56666	435,1	Nordex	N117/2.4	2.400	116,8	91,0
Audunois Nord 6	60640	56004	427,4	Nordex	N117/2.4	2.400	116,8	91,0
Audunois Nord 7	60454	55985	427,6	Nordex	N117/2.4	2.400	116,8	91,0

Zur Einschätzung der Relevanz wurde eine Schattenkarte zur Vorbelastung berechnet:

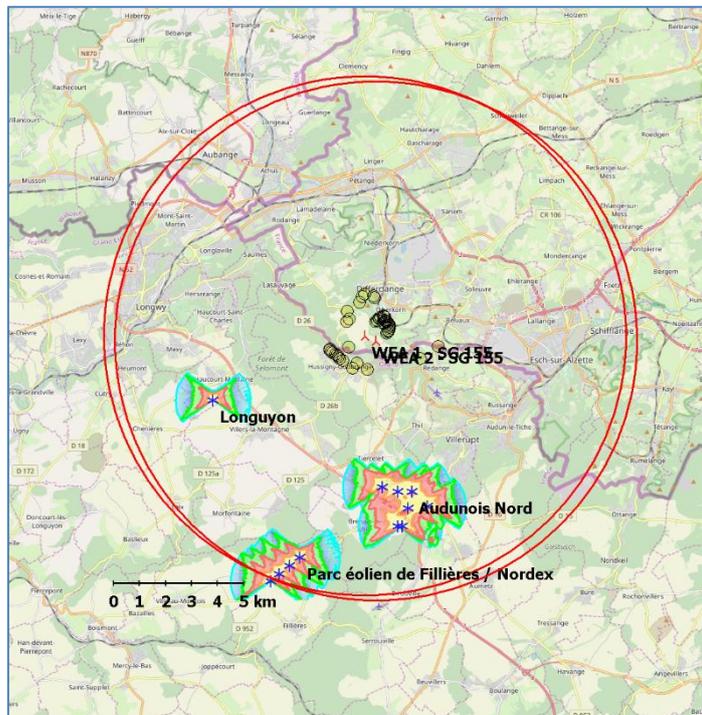


Abbildung 4: Vorbelastung durch benachbarte Bestandsanlagen und den geplanten Windpark „Audunois Nord“.

Aus **Abbildung 4** wird ersichtlich, dass sich in der Umgebung keine weiteren Anlagen befinden, die eine Vorbelastung bzgl. Schattenwurf darstellen.

3.2 Immissionsorte

Als Immissionsorte wurden nahe gelegene Wohnhäuser gewählt. Die Immissionsorte sind in **Tabelle 3** aufgeführt.

Tabelle 3: Liste der Immissionsorte.

IO	Beschreibung	X (LUREF) in m	Y (LUREF) in m	Z in m
IO 01	Differdange: 44, Um Biergwee	60064	63449	343,4
IO 02	Differdange: 89, Rue des Mines	59643	63872	340,8
IO 03	Differdange: 143, Rue de Hussigny	59008	64613	337,2
IO 04	Differdange: 68, Rue de Hussigny	58554	64253	380,5
IO 05	Differdange: Vasquenhaff	58527	63874	407,2
IO 06	Differdange: Bache-Lang	58576	62900	380,8
IO 07	Belvaux (Sanem): 160, Rue de France	62027	62902	345,8
IO 08	Rédange (FR): 41, Rue George Sand	61338	62431	364,5
IO 09	Hussigny-Godbrange (FR): 15, Rue de l'Étang	59316	62019	410,9
IO 10	Hussigny-Godbrange (FR): 20, Rue de la Côte Rouge	58900	62269	381,2
IO 11	Hussigny-Godbrange (FR): 215 Rue Victor Hugo	58731	62083	399,3
IOS 12		59676	63911	336,2
IOS 13		59712	63896	330,9
IOS 14		59759	63977	328,5
IOS 15		59789	63979	326,8
IOS 16		59845	64012	323,6
IOS 17		59921	63817	333,9
IOS 18		59955	63817	333,9
IOS 19		60002	63888	327,9
IOS 20		59971	63908	325,9
IOS 21		60044	63891	323,4
IOS 22		60066	63854	326,0
IOS 23		60091	63828	326,7
IOS 24		60102	63787	330,5
IOS 25		60150	63726	329,7
IOS 26		60147	63684	330,9
IOS 27		60148	63625	332,9
IOS 28		60148	63589	334,5
IOS 29		60133	63548	338,3
IOS 30		59581	64774	333,0
IOS 31		59575	64867	336,0
IOS 32		59130	64825	328,3
IOS 33		59212	64940	321,4
IOS 34		57882	62838	375,3
IOS 35		57901	62785	375,9
IOS 36		57932	62723	376,9
IOS 37		57994	62688	372,9

Berechnung der Schattenwurf-Belastung für die geplanten Windenergieanlagen
der Firma Solarpower S.A. in Differdingen, Luxemburg,
Berichts-Nr. 936/21246682/A2

Seite 15 von 49

IOS 38		58084	62632	372,0
IOS 39		58146	62588	372,1
IOS 40		58186	62520	378,7
IOS 41		58235	62455	378,9
IOS 42		58363	62392	375,4
IOS 43		60121	63512	339,6
IOS 44		60092	63482	342,7
IOS 45		58622	63968	401,5
IOS 46		59935	64091	318,4
IOS 47		59959	64068	317,5
IOS 48		59979	64041	315,8

Die „Immissionsorte Schatten“ (IOS) ergeben sich aus den für die Lärmprognose bestimmten IO1-IO11 und wurden durch 37 weitere Immissionsorte an Wohnhäusern ergänzt. Letztere sind für die Berechnungen zur Begrenzung der Schattenwurfzeiten notwendig.

Die Bewertung erfolgt im Folgenden unabhängig von der baurechtlichen Ausweisung im PAG. Im Allgemeinen genießen Bebauungen im Außenbereich nicht denselben Schutzstatus wie Wohnbebauung innerhalb eines Bebauungsplans. Ob eine Bewertung bezüglich der Richtwerte für die maximalen Beschattungszeiten nicht so wie für Wohnbebauung vorzunehmen ist, obliegt dem Ermessen der genehmigenden Behörde.

Für die Schattenrezeptoren wurden durchgehend pessimistische Annahmen gemacht, d. h. der Immissionsort kann von allen Seiten Schatten empfangen. Obgleich in Ausnahmefällen eine weitere Spezifizierung erfolgen kann, z. B. Ausweisung der Himmelsrichtung von Fensteröffnungen, kann nicht in den einzelnen Baubescheiden nachvollzogen werden, ob nachträgliche Umbauten ausgeschlossen sind, so dass wir empfehlen, diese konservativen Annahmen für die Schattenberechnung und Abschaltsteuerungen beizubehalten.

Alle Immissionsorte werden als Rezeptoren im Gewächshausmodus mit einer Länge und Höhe von je 1 m und einer vertikalen Erstreckung von 1 m – 2 m dargestellt.

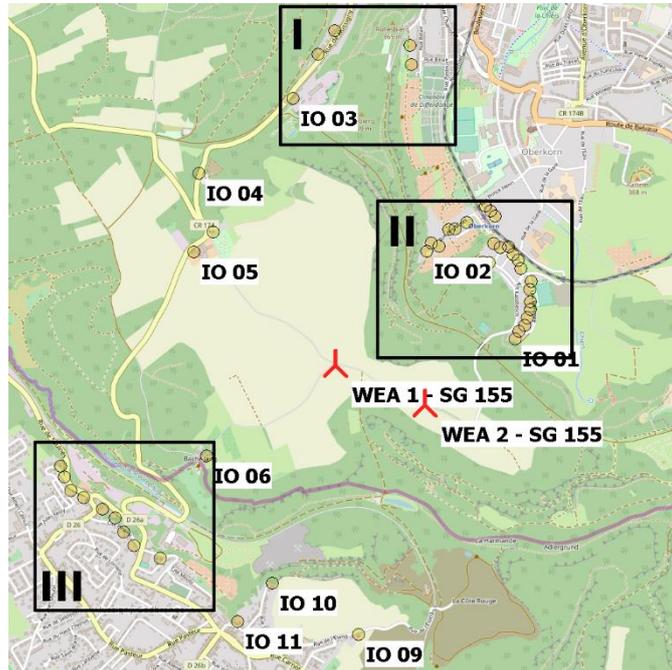


Abbildung 5: Lage der Immissionsorte. Beschriftungen nur bei Schall-Immissionsorten. Die drei Teilregionen sind unten vergrößert abgebildet.

Berechnung der Schattenwurf-Belastung für die geplanten Windenergieanlagen
der Firma Solarpower S.A. in Differdingen, Luxemburg,
Berichts-Nr. 936/21246682/A2

Seite 17 von 49



Abbildung 6: Immissionsorte - Teilregionen

4 Berechnung der Zeiten der Beeinträchtigung durch Schattenwurf

4.1 Methodik und Bewertungsgrundlage

Es wird die astronomisch maximal mögliche Beeinträchtigungszeit berechnet, in der die Schattenrezeptoren im Beschattungsbereich der WEA liegen. Schatten ist nur dann relevant, wenn ein Rotorblatt mindestens 20 % der Sonne verdeckt. Die minimale relevante Sonnenhöhe über Horizont beträgt 3°. Die Berechnung wird für jeden Tag des Jahres für jede Minute durchgeführt und die Schattenzeiten aufsummiert. Die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer wird unter folgenden Annahmen berechnet:

- Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang
- Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinfallrichtung
- Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb
- Ist die Geometrie des Rotorblatts nicht bekannt, so wird ersatzweise mit einem rechteckigen Rotorblatt gerechnet.
- Die mittlere Rotorblatttiefe B berechnet sich aus

$$B = 0.5(B_{max} + B_{min})$$

Dabei ist B_{max} die maximale Blatttiefe und B_{min} die Blatttiefe bei 0.9° Rotorradius.

Die Berechnungsmethode ist in **Abbildung 7** schematisch dargestellt.

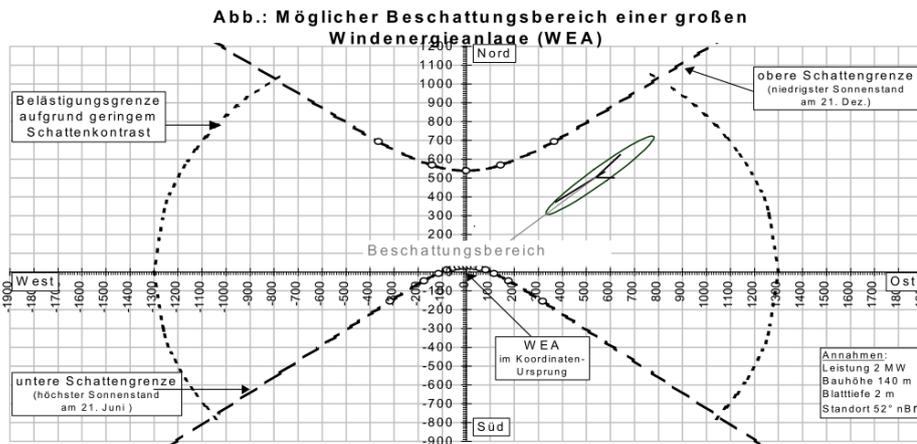


Abbildung 7: Schematische Darstellung der Berechnungsmethode der Schatteneinwirkung (Quelle: [3]).

Eine WEA wird nicht berücksichtigt, wenn sie von keinem Teil der Rezeptorfläche aus sichtbar ist. Die Sichtbarkeitsberechnung basiert auf den Höhenlinien des in Kap.2.3.1 beschriebenen Höhenrasters. Hindernisse werden in der Berechnung nicht verwendet (Maximalannahme). Es wird angenommen, dass der Winkel der WEA so ist, dass die Beschattung zu jedem Zeitpunkt maximal ist. Die WEA ist ständig in Betrieb.

Nach [12] kann von einer Belästigung durch Schattenwurf ausgegangen werden, wenn eine reale Beschattungszeit von mehr als 8 Stunden pro Jahr eintritt. Da die reale Schattenbelastung durch meteorologische Prozesse bestimmt und deshalb unsicher ist, wird der Immissionswert für die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer mit 30 h/Jahr festgelegt. Ist dieser Wert an einem Immissionsort überschritten, muss genehmigungsseitig festgelegt werden, dass es bei Überschreitung von 8h Beschattung pro Jahr oder 30 min pro Tag an einem Immissionsort zu einer Abschaltung der verursachenden Anlage kommt.

Berechnung der Schattenwurf-Belastung für die geplanten Windenergieanlagen
der Firma Solarpower S.A. in Differdingen, Luxemburg,
Berichts-Nr. 936/21246682/A2

Seite 19 von 49

4.2 Ergebnisse der Berechnung der Beschattungsdauer - Vorbelastung

Es liegt keine Beschattung als Vorbelastung durch bestehende oder weitere genehmigte WEAs vor.

4.3 Berechnungsvarianten

Es werden zwei Aufstellungsvarianten berücksichtigt. In Variante 1 werden 2 WEA des Typs N149/4.5 mit 125 m Nabenhöhe betrachtet. Variante 2 sieht vor, dass 2 WEA des Typs N149/4.5 mit 164 m Nabenhöhe errichtet werden.

Tabelle 4: Berechnungsvarianten

Variante 1	2 x Nordex N149/4.5 125 m
Variante 2	2 x Nordex N149/4.5 164 m

In beiden Berechnungsvarianten werden für jeden Immissionsort folgende Berechnungen vorgenommen:

1. Berechnung der Zeiten des Schattenwurfs ohne Abschaltung, zusätzlich mit meteorologisch wahrscheinlichem Schattenwurf
2. Berechnung des Schattenwurfs mit Abschaltung zur Einhaltung der astronomisch maximal möglichen Beschattungszeit von 30 h/a

4.4 Ergebnisse der Berechnung der Beschattungsdauer für die geplanten WEA

4.4.1 Variante 1: 2 WEA, Nordex N149/4.5, NH 125 m

4.4.1.1 Beschattungszeiten

Zunächst wurde der kontinuierliche Betrieb aller Anlagen angenommen, um die Situation darzustellen. Die Beschattung durch alle Anlagen in der Umgebung überschreitet die zulässige Dauer des periodischen Schattenwurfs an einer Vielzahl von Schattenrezeptoren überschritten (s. **Abbildung 8**).

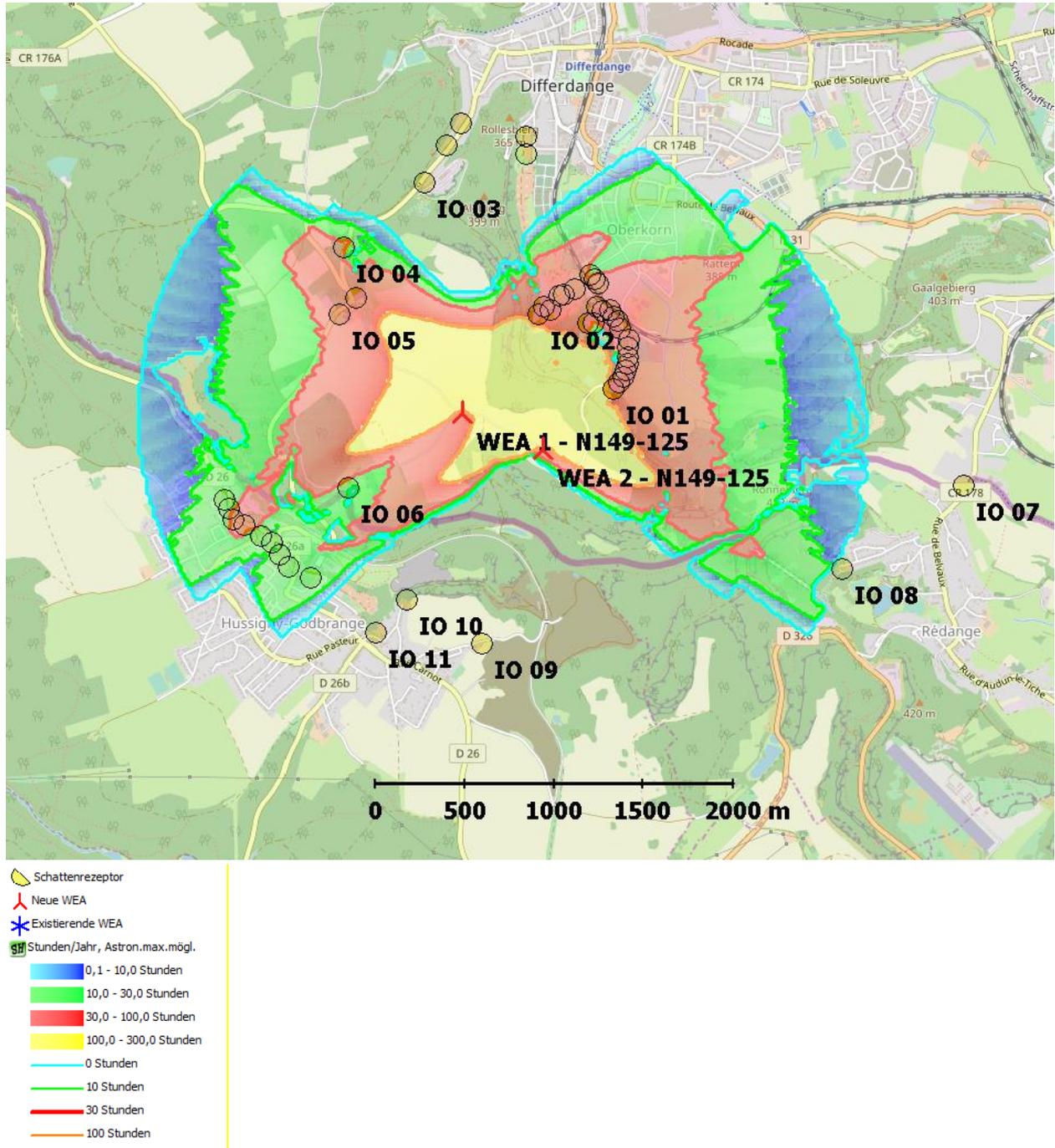


Abbildung 8: Variante 1: Gesamtbeschattungsdauer in h/Jahr bei nicht geregelterm Betrieb aller vorhandenen Anlagen.

Die meteorologisch wahrscheinliche Abschalttrate wurde aus Bedeckungsgraden an der Wetterstation Trier-Petrisberg ermittelt, sowie aus Stunden mit Windgeschwindigkeiten außerhalb der Betriebswindgeschwindigkeiten, basierend auf Messungen an der meteorologischen Station Findel (Luxembourg Airport).

Berechnung der Schattenwurf-Belastung für die geplanten Windenergieanlagen
der Firma Solarpower S.A. in Differdingen, Luxemburg,
Berichts-Nr. 936/21246682/A2

Seite 21 von 49

Tabelle 5: Variante 1: Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer an den ausgewählten Rezeptoren durch die geplanten Anlagen (**Gesamtbelastung**). Überschreitungen maximal zulässiger Beschattungsdauer sind rot gekennzeichnet.

IO Nr.	Schatten- stunden / Jahr	Schatten- tage / Jahr	Max. Bes- chattung / Tag	Meteorol. wahr- scheinliche Be- schattungsdauer / Jahr
	[hh:mm/a]		[d/y]	[hh:mm/d]
Richtwert	30:00	--	00:30	08:00
IOS 01	90:05	131	01:02	17:30
IOS 02	82:47	120	00:49	09:57
IOS 03	00:00	0	00:00	00:00
IOS 04	40:54	58	00:54	02:56
IOS 05	47:41	71	01:00	04:38
IOS 06	19:36	48	00:32	04:51
IOS 07	00:00	0	00:00	00:00
IOS 08	00:00	0	00:00	00:00
IOS 09	00:00	0	00:00	00:00
IOS 10	00:00	0	00:00	00:00
IOS 11	00:00	0	00:00	00:00
IOS 12	71:29	115	00:46	08:31
IOS 13	71:33	122	00:45	08:46
IOS 14	52:31	109	00:41	06:15
IOS 15	50:17	108	00:40	06:04
IOS 16	42:58	99	00:38	05:11
IOS 17	81:14	130	00:49	10:18
IOS 18	25:35	51	00:38	04:27
IOS 19	66:08	119	00:43	08:20
IOS 20	62:31	116	00:43	07:53
IOS 21	66:41	121	00:42	08:22
IOS 22	72:23	128	00:43	09:06
IOS 23	75:31	133	00:43	09:32
IOS 24	79:55	141	00:44	10:14
IOS 25	67:26	131	00:45	09:37
IOS 26	65:55	123	00:46	10:05
IOS 27	65:45	118	00:49	10:55
IOS 28	66:21	116	00:50	11:30
IOS 29	70:33	119	00:52	12:37
IOS 30	00:00	0	00:00	00:00
IOS 31	00:00	0	00:00	00:00
IOS 32	00:00	0	00:00	00:00
IOS 33	00:00	0	00:00	00:00
IOS 34	22:40	75	00:26	05:57

Tabelle 4 – Forts.

IO Nr.	Schattenstunden / a	Schattentage / a	Max. Beschattung / Tag	Meteorol. wahrscheinliche Beschattungsdauer / Jahr
	[hh:mm/a]	[d/y]	[hh:mm/d]	[hh:mm/a]
IOS 35	26:05	87	00:26	06:58
IOS 36	35:41	108	00:26	09:32
IOS 37	34:35	97	00:27	09:16
IOS 38	19:47	71	00:22	05:17
IOS 39	11:21	39	00:22	03:04
IOS 40	13:17	45	00:23	03:39
IOS 41	17:56	62	00:23	04:59
IOS 42	22:07	60	00:25	06:04
IOS 43	74:13	121	00:55	13:41
IOS 44	81:39	125	00:58	15:19
IOS 45	73:13	90	01:07	05:33
IOS 46	31:02	83	00:34	03:42
IOS 47	35:17	92	00:34	04:13
IOS 48	40:41	97	00:34	04:54

4.4.1.2 Minderungsmaßnahmen für Variante 1

Überschreitungen der Beschattungszeiten an den betroffenen Immissionsorten können durch eine zeitliche Einschränkung des Betriebs für Zeiten der Beschattung vermieden werden. Die Steuerung der Abschaltungen wird durch Installation eines Schattenmoduls (s. Anhang A2) ermöglicht. Hier werden meteorologische Informationen (Wind, Solarstrahlung) und Anlageninformationen (Rotordrehzahl) mit den für einen Immissionsort relevanten Kalenderdaten zusammengeführt und eine Abschaltung der WEA vorgenommen, wenn die unter Berücksichtigung meteorologischer Situationen maximal zulässige Beschattungszeit von 8 h/a oder die maximale Beschattungszeit von 30 min/Tag für einen Immissionsort überschritten wird. Die Abschaltung erfolgt nur für die WEA, die an mindestens einem der Immissionsorte zu Überschreitungen führt. Daraus ergibt sich ein Abschaltkalender, in dem die betreffenden Zeitperioden zur möglichen Abschaltung eingetragen werden. Die Abschaltzeiträume können den Darstellungen im Anhang entnommen werden.

Berechnung der Schattenwurf-Belastung für die geplanten Windenergieanlagen
der Firma Solarpower S.A. in Differdingen, Luxemburg,
Berichts-Nr. 936/21246682/A2

Seite 23 von 49

4.4.1.3 Ergebnisse Variante 1 nach Minderung

Tabelle 6: Beschattungszeiten bei Einsatz einer gesteuerten Abschaltung

IO Nr.	Schatten- stunden / a	Schatten- tage / a	Max. Bes- chattung / Tag	Vermiedene Beschattung- dauer nach Abschaltung	Meteorol. wahrscheinli- che Beschat- tungsdauer nach Abschal- tung	Vermiede- neeteorol. wahrscheinli- che Beschat- tungsdauer nach Abschal- tung
	[hh:mm/a]	[d/y]		[hh:mm/d]	[hh:mm/a]	[hh:mm/a]
IOS 01	06:59	44	00:29	83:06	01:31	15:55
IOS 02	00:00	0	00:00	82:47	00:00	09:57
IOS 03	00:00	0	00:00		00:00	
IOS 04	15:33	50	00:24	25:21	01:08	01:47
IOS 05	13:40	44	00:27	34:01	01:21	03:16
IOS 06	12:35	47	00:24	07:01	03:08	01:43
IOS 07	00:00	0	00:00		00:00	
IOS 08	00:00	0	00:00		00:00	
IOS 09	00:00	0	00:00		00:00	
IOS 10	00:00	0	00:00		00:00	
IOS 11	00:00	0	00:00		00:00	
IOS 12	07:16	76	00:19	64:13	00:41	07:49
IOS 13	23:52	101	00:23	47:41	02:36	06:10
IOS 14	18:02	83	00:27	34:29	01:47	04:29
IOS 15	19:57	87	00:29	30:20	02:02	04:02
IOS 16	17:06	78	00:23	25:52	01:47	03:23
IOS 17	14:04	54	00:22	67:10	02:24	07:53
IOS 18	09:29	51	00:18	16:06	01:38	02:49
IOS 19	11:59	55	00:25	54:09	01:57	06:22
IOS 20	13:24	52	00:23	49:07	02:13	05:39
IOS 21	08:10	56	00:24	58:31	01:19	07:02
IOS 22	00:00	0	00:00	72:23	00:00	09:06
IOS 23	17:46	131	00:22	57:45	02:23	07:09
IOS 24	03:54	140	00:20	52:01	03:46	06:28
IOS 25	16:45	118	00:26	50:41	02:14	07:23
IOS 26	00:00	0	00:00	65:55	00:00	10:05
IOS 27	11:14	85	00:20	54:31	02:00	08:54
IOS 28	13:16	80	00:19	53:05	02:19	09:10
IOS 29	12:30	73	00:24	58:03	02:11	10:26
IOS 30	00:00	0	00:00		00:00	
IOS 31	00:00	0	00:00		00:00	
IOS 32	00:00	0	00:00		00:00	

IOS 33	00:00	0	00:00		00:00	
IOS 34	18:58	73	00:26	03:42	05:03	00:54
IOS 35	19:18	60	00:26	06:47	05:18	01:39
IOS 36	28:50	90	00:26	06:51	07:51	01:41
IOS 37	26:24	66	00:27	08:11	07:12	02:03
IOS 38	16:28	70	00:21	03:19	04:25	00:51
IOS 39	11:08	39	00:22	00:13	03:00	00:03
IOS 40	13:17	45	00:23		03:39	
IOS 41	17:56	62	00:23		04:59	
IOS 42	22:07	60	00:25		06:04	
IOS 43	08:11	73	00:22	66:02	01:26	12:15
IOS 44	02:55	33	00:15	78:44	00:27	14:51
IOS 45	19:12	60	00:27	54:01	01:33	04:00
IOS 46	08:02	43	00:22	23:00	00:53	02:48
IOS 47	04:32	36	00:20	06:45	00:30	03:42
IOS 48	00:00	0	00:00	40:41	00:00	04:54

In der folgenden Tabelle sind die aufsummierten Abschaltzeiten und die maximal möglichen, geschätzten relative Ertragsverluste dargestellt:

Tabelle 7: Erforderliche Abschaltzeiten für die Aufstellungsvariante „Nordex N149/5 NH 125 m“. Zusätzlich sind die maximal erwarteten und die meteorologisch wahrscheinlichen Ertragsverlusten genannt.

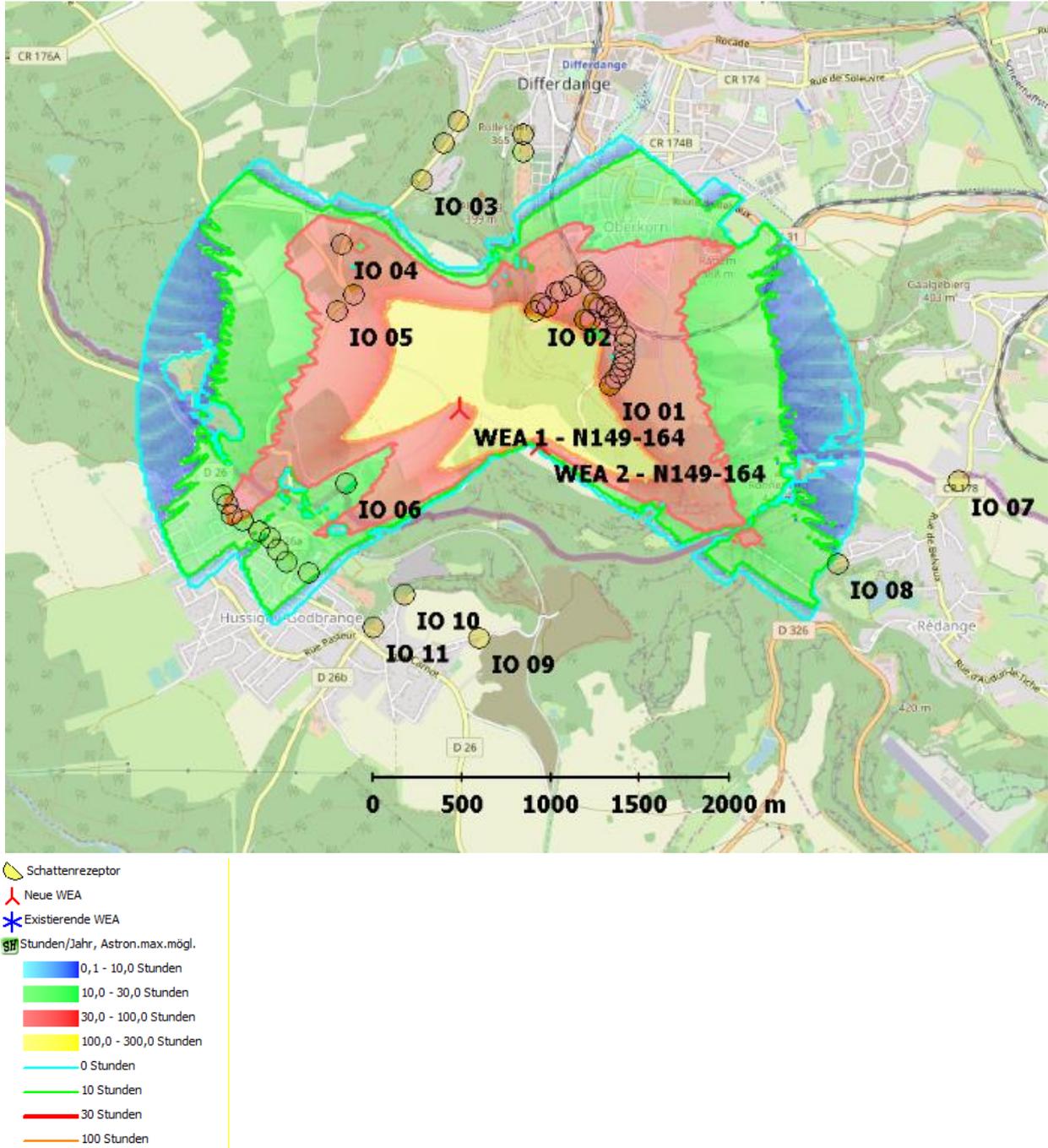
		Maximal erforderliche Abschaltzeiten [hh:mm]	Maximal mögliche Ertragsverluste	Meteorolog. wahrscheinliche erforderliche Abschaltzeiten [hh:mm]	Meteorol. erwartete Ertragsverluste
Konstellation „Nordex N149/4.5 NH 125 m“					
WEA 1	N149/4.5-1	220:13	2,51%	58:43	0,67%
WEA 2	N149/4.5-2	264:54	3,02%	70:38	0,81%

Die erforderlichen Abschaltzeiten können auch durch andere Konstellationen der Abschaltung erreicht werden. Die hier genannten Zeiten geben nur einen Anhaltspunkt für die erforderlichen Abschaltzeiten und daraus resultierende Ertragsverluste.

4.4.2 Variante 2: 2 WEA, Nordex N149/4.5 NH 164 m

4.4.2.1 Beschattungszeiten

Es wurde der kontinuierliche Betrieb aller Anlagen angenommen, um die Situation darzustellen. Die Beschattung durch alle Anlagen in der Umgebung überschreitet die zulässige Dauer des periodischen Schattenwurfs an verschiedenen Schattenrezeptoren (s. **Abbildung 8**).



Die meteorologisch wahrscheinliche Abschalttrate wurde aus Bedeckungsgraden an der Wetterstation Trier-Petrisberg ermittelt, sowie aus Stunden mit Windgeschwindigkeiten außerhalb der Betriebswindgeschwindigkeiten, basierend auf Messungen an der meteorologischen Station Findel (Luxembourg Airport).

Tabelle 8: Variante 2: Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer an den ausgewählten Rezeptoren durch die geplanten Anlagen Nordex N149 (**Gesamtbelastung**). Überschreitungen maximal zulässiger Beschattungsdauer sind rot gekennzeichnet.

IO Nr.	Schattenstunden / a	Schattentage / a	Max. Beschattung / Tag	Meteorol. wahrscheinliche Beschattungsdauer / Jahr
	[hh:mm/a]	[d/y]	[hh:mm/d]	[hh:mm/a]
Richtwert	30:00	--	00:30	08:00
IO 01	82:42	119	01:00	17:34
IO 02	93:15	134	00:48	11:46
IO 03	00:00	0	00:00	00:00
IO 04	53:16	68	00:55	04:02
IO 05	43:46	62	01:01	04:55
IO 06	20:43	50	00:32	05:18
IO 07	00:00	0	00:00	00:00
IO 08	00:00	0	00:00	00:00
IO 09	00:00	0	00:00	00:00
IO 10	00:00	0	00:00	00:00
IO 11	00:00	0	00:00	00:00
IOS 12	82:35	128	00:45	10:20
IOS 13	84:49	135	00:46	10:49
IOS 14	65:45	121	00:41	08:08
IOS 15	64:34	121	00:41	08:02
IOS 16	57:46	116	00:38	07:09
IOS 17	89:16	144	00:47	11:43
IOS 18	86:48	145	00:46	11:27
IOS 19	74:19	132	00:42	09:37
IOS 20	72:48	130	00:42	09:19
IOS 21	72:06	135	00:41	09:23
IOS 22	73:20	141	00:42	09:45
IOS 23	69:22	146	00:42	09:33
IOS 24	63:30	127	00:43	09:20
IOS 25	55:44	110	00:44	09:17
IOS 26	56:48	109	00:45	10:01
IOS 27	58:37	108	00:47	10:59
IOS 28	59:45	109	00:48	11:26
IOS 29	64:08	113	00:51	12:28
IOS 30	00:00	0	00:00	00:00
IOS 31	00:00	0	00:00	00:00
IOS 32	00:00	0	00:00	00:00

Berechnung der Schattenwurf-Belastung für die geplanten Windenergieanlagen
der Firma Solarpower S.A. in Differdingen, Luxemburg,
Berichts-Nr. 936/21246682/A2

Seite 27 von 49

IOS 33	00:00	0	00:00	00:00
IOS 34	18:30	57	00:26	05:07
IOS 35	33:14	113	00:26	08:58
IOS 36	34:54	100	00:26	09:27
IOS 37	27:48	85	00:27	07:32
IOS 38	10:23	38	00:22	02:48
IOS 39	12:15	42	00:23	03:23
IOS 40	15:00	51	00:23	04:12
IOS 41	24:00	76	00:24	06:40
IOS 42	15:21	47	00:24	04:15
IOS 43	67:35	113	00:53	13:27
IOS 44	74:32	117	00:56	15:13
IOS 45	62:35	94	01:07	05:20
IOS 46	45:09	104	00:33	05:26
IOS 47	49:16	108	00:36	06:02
IOS 48	53:43	111	00:37	06:41

4.4.2.2 Minderungsmaßnahmen für Variante 2

Hier ist ebenfalls der Einsatz eines Schattenwurfmoduls vorgesehen.

4.4.2.3 Ergebnisse Variante 2 nach Minderung

IO Nr.	Schattenstunden / a	Schattentage / a	Max. Beschattung / Tag	Vermiedene Beschattungsdauer nach Abschaltung	Meteorol. wahrscheinliche Beschattungsdauer nach Abschaltung	Vermiedene meteorol. wahrscheinliche Beschattungsdauer nach Abschaltung
	[hh:mm/a]	[d/y]	[hh:mm/d]	[hh:mm/a]	[hh:mm/a]	[hh:mm/a]
IOS 01	00:00	0	00:00	82:42	00:00	17:34
IOS 02	00:00	0	00:00	93:15	00:00	11:46
IOS 03	00:00	0	00:00		00:00	
IOS 04	22:25	68	00:23	06:51	01:38	02:23
IOS 05	13:49	42	00:26	29:57	01:33	03:22
IOS 06	15:30	50	00:27	05:13	03:59	01:19
IOS 07	00:00	0	00:00		00:00	
IOS 08	00:00	0	00:00		00:00	
IOS 09	00:00	0	00:00		00:00	
IOS 10	00:00	0	00:00		00:00	
IOS 11	00:00	0	00:00		00:00	
IOS 12	10:59	101	00:19	71:36	01:07	09:12
IOS 13	02:06	129	00:21	58:43	03:03	07:47
IOS 14	21:33	111	00:24	44:12	02:20	05:48
IOS 15	21:00	114	00:17	43:34	02:20	05:42
IOS 16	07:12	52	00:21	50:34	00:56	06:13
IOS 17	13:21	50	00:19	75:55	02:27	09:14
IOS 18	11:06	76	00:17	75:42	01:57	09:28
IOS 19	11:03	63	00:23	63:16	01:57	07:38
IOS 20	12:32	63	00:22	60:16	02:12	07:06
IOS 21	07:30	63	00:22	64:36	01:19	08:03
IOS 22	00:00	0	00:00	73:20	00:00	09:45
IOS 23	12:27	122	00:20	56:55	01:51	07:41
IOS 24	17:19	105	00:19	46:11	02:45	06:35
IOS 25	05:28	38	00:24	50:16	01:00	08:16
IOS 26	02:09	34	00:09	54:39	00:21	09:39
IOS 27	09:50	74	00:20	48:47	01:56	09:02
IOS 28	09:39	67	00:18	50:06	01:55	09:29
IOS 29	07:12	40	00:23	56:56	01:28	10:58
IOS 30	00:00	0	00:00		00:00	
IOS 31	00:00	0	00:00		00:00	
IOS 32	00:00	0	00:00		00:00	
IOS 33	00:00	0	00:00		00:00	
IOS 34	18:30	57	00:26		05:07	
IOS 35	26:06	84	00:26	07:08	07:11	01:47

Berechnung der Schattenwurf-Belastung für die geplanten Windenergieanlagen
der Firma Solarpower S.A. in Differdingen, Luxemburg,
Berichts-Nr. 936/21246682/A2

Seite 29 von 49

IOS 36	27:51	84	00:26	07:03	07:40	01:46
IOS 37	19:17	53	00:27	08:31	05:19	02:12
IOS 38	06:58	37	00:21	03:25	01:53	00:55
IOS 39	12:03	42	00:23	00:12	03:19	00:03
IOS 40	15:00	51	00:23		04:12	
IOS 41	24:00	76	00:24		06:40	
IOS 42	15:21	47	00:24		04:15	
IOS 43	04:35	62	00:20	63:00	00:54	12:32
IOS 44	00:36	21	00:03	73:56	00:06	15:07
IOS 45	17:07	50	00:27	45:28	01:32	03:48
IOS 46	08:08	48	00:27	37:01	00:59	04:27
IOS 47	04:37	43	00:20	44:39	00:34	05:27
IOS 48	00:00	0	00:00	53:43	00:00	06:41

In der folgenden Tabelle sind die aufsummierten Abschaltzeiten und die maximal möglichen, geschätzten relative Ertragsverluste dargestellt:

Tabelle 9: Erforderliche Abschaltzeiten für die Aufstellungsvariante „Nordex N149/4.5 NH 164 m“. Zusätzlich sind die maximal erwarteten und die meteorologisch wahrscheinlichen Ertragsverlusten genannt.

		Maximal erforderliche Abschaltzeiten [hh:mm]	Maximal mögliche Ertragsverluste	Meteorolog. wahrscheinliche erforderliche Abschaltzeiten [hh:mm]	Meteorol. erwartete Ertragsverluste
Konstellation „Nordex N149/4.5 NH 164 m“					
WEA 1	N149/4.5-1	234:29	2,68%	62:32	0,71%
WEA 2	N149/4.5-2	305:50	3,49%	81:33	0,93%

4.5 Schlussfolgerungen

Am Standort „Differdange“ werden keine Schattenwurfzeiten durch benachbarte Bestandsanlagen (Vorbelastung) erzeugt.

Bei unregelmäßigem Betrieb ergeben sich für verschiedene Immissionsorte bei beiden geplanten Nabenhöhen Beschattungszeiten von mehr als 30 h / Jahr.

Daher sollte der Betrieb der Anlagen entweder durch programmierte Abschaltung an empfindlichen Kalenderzeiten der astronomisch möglichen Beschattung eingeschränkt oder durch Installation eines Abschaltmoduls, das die meteorologischen Bedingungen hinsichtlich des möglichen Schattenwurfs berücksichtigt und reale Beschattungszeiten an Immissionsorten aufsummiert, gesteuert werden. In der Regel kann in einem Windpark ein einzelnes Modul zur Steuerung mehrerer WEA verwendet werden.

Wir weisen darauf hin, dass eine Einhaltung der Richtwerte für Beschattungszeiten grundsätzlich durch verschiedene Kombinationen von Abschaltzeiten an den WEA erreicht werden kann.

Die Abschaltzeiten, während derer die astronomisch mögliche Beschattung der Immissionsorte reduziert werden kann, sind den Kalendern (s. Anhang A4) zu entnehmen.

Abteilung Immissionsschutz / Luftreinhaltung (936)

Der Bearbeiter:



Dr. Kai Born

Der Prüfer:



Dr. Hendrik Merbitz

Köln, 03.04.2020

936/21246682/A2

Berechnung der Schattenwurf-Belastung für die geplanten Windenergieanlagen
der Firma Solarpower S.A. in Differdingen, Luxemburg,
Berichts-Nr. 936/21246682/A2

Seite 31 von 49

5 Anhang

<i>A1</i>	<i>Literatur und verwendete Unterlagen</i>	<i>32</i>
<i>A2</i>	<i>Beschreibung des Schattenwurf-Steuerungsmoduls der Nordex Energy GmbH</i>	<i>33</i>
<i>A3</i>	<i>Detaillierte Protokolle der Schattenwurfberechnung</i>	<i>34</i>

A1 Literatur und verwendete Unterlagen

- [1] MKULNV Nordrhein-Westfalen, *Erlass für die Planung und Genehmigung von Windenergie-Anlagen und Hinweise für die Zielsetzung und Anwendung (Windenergie-Erlass)*, 2011.
- [2] Ministerialblatt NRW, „Erlass für die Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen und Hinweise für die Zielsetzung und Anwendung (Windenergie-Erlass),“ 8. Mai 2018.
- [3] LANUV, NRW, *Sachinformation - Optische Immissionen von Windenergieanlagen*, 2002.
- [4] TÜV Rheinland Energy GmbH,
E2_B_Solarpower_WP_Differdange_Untersuchungskonzept(31942329_2019_936_21246682_02)_08112019, 2019.
- [5] Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI), „Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise),“ 2002.
- [6] EMD International AS, *WindPro Version 3.3.274*, <http://www.emd.dk/windpro/>, Aalborg, 2019.
- [7] Administration du cadastre et de la topographie (ACT), Luxembourg, „Modèle numérique de terrain BD-L-MNT5, <https://data.public.lu/en/datasets/bd-l-mnt5/>,“ aufgerufen 2.3.2019.
- [8] T. G. Farr und andere, „The shuttle radar topography mission,“ *Rev. Geophys.* 45, doi:10.1029/2005RG000183, 2007.
- [9] EEA, „European Environment Agency: CORINE Landcover,“ [Online]. Available: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>. [Zugriff am 16 Januar 2014].
- [10] Sodeger - Haute Lorraine, „Projet de parc éolien "Audunois Nord", Bréhain-la-Ville, Information au public, Download unter <http://www.brehain-la-ville.mairie54.fr/> am 03.04.2020“.
- [11] E.M.A. Etudes et Mesures Acoustiques, „Projet de parc éolien Audunois Nord (54), Mesures acoustiques état initial - Estimation de l'impact sonore, Rapport du 28 Novembre 2012“.
- [12] Land Baden-Württemberg, *Windenergieerlass Baden-Württemberg: Gemeinsame Verwaltungsvorschrift der Ministerien f. Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, für Verkehr und Infrastruktur und für Finanzen und Wirtschaft.*, Az.: 64-4583/404, 2012.
- [13] Nordex Energy GmbH, K0815_051312_DE: Allgemeine Dokumentation: Schattenwurfmodul - Gültig für aller Nordex Windenergieanlagen, Rev 02 / 22.09.2017.

Berechnung der Schattenwurf-Belastung für die geplanten Windenergieanlagen
der Firma Solarpower S.A. in Differdingen, Luxemburg,
Berichts-Nr. 936/21246682/A2

Seite 33 von 49

A2 Beschreibung des Schattenwurf-Steuerungsmoduls der Nordex Energy GmbH

Das Dokument [13] kann in aktueller Form bei der Solarpower S.A. eingesehen bzw. bei Bedarf angefordert werden. Die Nordex Energy GmbH gestattet die Weitergabe dieser Dokumente nur mit ausdrücklicher Genehmigung.

A3 Detaillierte Protokolle der Schattenwurfberechnung

Variante 1: Berechnungsprotokoll N149 NH 125 m ohne Abschaltung

Project:
Differdange_NV_fin2

Licensed user:
TÜV Rheinland Energy GmbH
tre-service@de.tuv.com

Dr. Kai Born / kai.born@de.tuv.com
Calculated:
21.02.2020 14:53/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: N149-125

Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence
Calculate only when more than 20 % of sun is covered by the blade
Please look in WTG table

Minimum sun height over horizon for influence 3 °
Day step for calculation 1 days
Time step for calculation 1 minutes

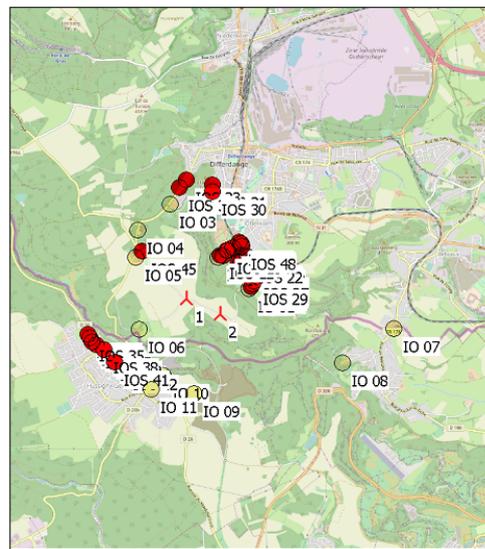
Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [TRIER]
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
1,29 2,62 3,51 5,39 6,60 6,56 7,20 6,77 4,98 2,92 1,63 1,15

Operational hours are calculated from WTGs in calculation and wind distribution:
LUXEMBOURG_(AUT)_SYNOP_06-590_N49.6.20_E06.220

Operational time
N NNE ENE E ESE SSE S SSW WSW W WNW NNW Sum
906 764 1.025 341 292 336 633 959 1.156 916 439 353 8.121
Idle start wind speed : cut in wind speed from power curve

A ZVI (Zones of Visual Influence) calculation is performed before flicker calculation so non visible WTG do not contribute to calculated flicker values. A WTG will be visible if it is visible from any part of the receiver window. The ZVI calculation is based on the following assumptions:
Height contours used: PrjAss Höhenraster (EU-DEM 1 arc-second)
Obstacles used in calculation
Eye height for map: 1,5 m
Grid resolution: 1,0 m

All coordinates are in
Luxemburgian TM-LUREF (LU)



WTGs

	X	Y	Z	Row data/Description	WTG type			Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Shadow data	
					Valid	Manufact.	Type-generator				Calculation distance [m]	RPM [RPM]
1	59.213	63.315	418,1	WEA 1 - N149-125	Yes	NORDEX	N149/4.0-4.5-4.500	4.500	149,0	125,0	1.808	10,7
2	59.666	63.111	410,7	WEA 2 - N149-125	Yes	NORDEX	N149/4.0-4.5-4.500	4.500	149,0	125,0	1.808	10,7

Shadow receptor-Input

No.	Name	X	Y	Z	Width [m]	Height [m]	Elevation a.g.l. [m]	Slope of window [°]	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l. [m]
IO 01	Differdange: 44, Um Biergwee	60.064	63.449	343,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 02	Differdange: 99, Rue des Mines	59.643	63.872	340,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 03	Differdange: 143, Rue de Hussigny	59.008	64.613	337,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 04	Differdange: 68, Rue de Hussigny	58.554	64.253	380,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 05	Differdange: Vasquehaff	58.527	63.874	407,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 06	Differdange: Bache-Lang	58.576	62.900	380,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 07	Belvaux (Sanem): 160, Rue de France	62.027	62.902	345,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 08	Rédange (FR): 41, Rue George Sand	61.338	62.431	364,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 09	Hussigny-Godbranche (FR): 15, Rue de l'Étang	59.316	62.019	410,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 10	Hussigny-Godbranche (FR): 20, Rue de la Côte Rouge	58.900	62.269	381,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 11	Hussigny-Godbranche (FR): 215 Rue Victor Hugo	58.731	62.083	399,3	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 12		59.676	63.911	336,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 13		59.712	63.896	330,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 14	Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slo pe: 90,0° (14)	59.759	63.977	328,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 15		59.789	63.979	326,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 16		59.845	64.012	323,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 17		59.921	63.817	333,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 18		59.955	63.817	333,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 19		60.002	63.888	327,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 20		59.971	63.908	325,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 21		60.044	63.891	323,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 22		60.066	63.854	326,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0

To be continued on next page...

Project:
Differdange_NV_fin2

Licensed user:
TÜV Rheinland Energy GmbH
tre-service@de.tuv.com

Dr. Kai Born / kai.born@de.tuv.com
Calculated:
21.02.2020 14:53/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: N149-125

...continued from previous page

No.	Name	X	Y	Z	Width	Height	Elevation a.g.l.	Slope of window [°]	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l. [m]
IOS 23		60.091	63.828	326,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 24		60.102	63.787	330,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 25		60.150	63.726	329,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 26		60.147	63.684	330,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 27		60.148	63.625	332,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 28		60.148	63.589	334,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 29		60.133	63.548	338,3	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 30		59.581	64.774	333,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 31		59.575	64.867	336,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 32		59.130	64.825	328,3	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 33		59.212	64.940	321,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 34		57.882	62.838	375,3	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 35		57.901	62.785	375,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 36		57.932	62.723	376,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 37		57.994	62.688	372,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 38		58.084	62.632	372,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 39		58.146	62.588	372,1	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 40		58.186	62.520	378,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 41		58.235	62.455	378,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 42		58.363	62.392	375,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 43		60.121	63.512	339,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 44		60.092	63.482	342,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 45		58.622	63.968	401,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 46		59.935	64.091	318,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 47		59.959	64.068	317,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 48		59.979	64.041	315,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Name	Shadow, worst case			Shadow, expected values	
		Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]	Shadow hours per year [h/year]	
IO 01	Differdange: 44, Um Biergwee	90:05	131	1:02	17:30	
IO 02	Differdange: 89, Rue des Mines	82:47	120	0:49	9:57	
IO 03	Differdange: 143, Rue de Hussigny	0:00	0	0:00	0:00	
IO 04	Differdange: 68, Rue de Hussigny	40:54	58	0:54	2:56	
IO 05	Differdange: Vasquenhaff	47:41	71	1:00	4:38	
IO 06	Differdange: Bache-Lang	19:36	48	0:32	4:51	
IO 07	Belvaux (Sanem): 160, Rue de France	0:00	0	0:00	0:00	
IO 08	Rédange (FR): 41, Rue George Sand	0:00	0	0:00	0:00	
IO 09	Hussigny-Godbranche (FR): 15, Rue de l'Étang	0:00	0	0:00	0:00	
IO 10	Hussigny-Godbranche (FR): 20, Rue de la Côte Rouge	0:00	0	0:00	0:00	
IO 11	Hussigny-Godbranche (FR): 215 Rue Victor Hugo	0:00	0	0:00	0:00	
IOS 12		71:29	115	0:46	8:31	
IOS 13		71:33	122	0:45	8:46	
IOS 14	Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slo pe: 90,0° (14)	52:31	109	0:41	6:15	
IOS 15		50:17	108	0:40	6:04	
IOS 16		42:58	99	0:38	5:11	
IOS 17		81:14	130	0:49	10:18	
IOS 18		25:35	51	0:38	4:27	
IOS 19		66:08	119	0:43	8:20	
IOS 20		62:31	116	0:43	7:53	
IOS 21		66:41	121	0:42	8:22	
IOS 22		72:23	128	0:43	9:06	
IOS 23		75:31	133	0:43	9:32	
IOS 24		79:55	141	0:44	10:14	
IOS 25		67:26	131	0:45	9:37	
IOS 26		65:55	123	0:46	10:05	
IOS 27		65:45	118	0:49	10:55	
IOS 28		66:21	116	0:50	11:30	
IOS 29		70:33	119	0:52	12:37	
IOS 30		0:00	0	0:00	0:00	
IOS 31		0:00	0	0:00	0:00	
IOS 32		0:00	0	0:00	0:00	

To be continued on next page...

Project:
Differdange_NV_fin2

Licensed user:
TÜV Rheinland Energy GmbH
tre-service@de.tuv.com
-

Dr. Kai Born / kai.born@de.tuv.com
Calculated:
21.02.2020 14:53/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: N149-125

...continued from previous page

No.	Name	Shadow, worst case		Shadow, expected values	
		Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]	Shadow hours per year [h/year]
IOS 33		0:00	0	0:00	0:00
IOS 34		22:40	75	0:26	5:57
IOS 35		26:05	87	0:26	6:58
IOS 36		35:41	108	0:26	9:32
IOS 37		34:35	97	0:27	9:16
IOS 38		19:47	71	0:22	5:17
IOS 39		11:21	39	0:22	3:04
IOS 40		13:17	45	0:23	3:39
IOS 41		17:56	62	0:23	4:59
IOS 42		22:07	60	0:25	6:04
IOS 43		74:13	121	0:55	13:41
IOS 44		81:39	125	0:58	15:19
IOS 45		73:13	90	1:07	5:33
IOS 46		31:02	83	0:34	3:42
IOS 47		35:17	92	0:34	4:13
IOS 48		40:41	97	0:34	4:54

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
1	WEA 1 - N149-125	363:51	57:17
2	WEA 2 - N149-125	425:41	62:45

Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

Variante 1: Berechnungsprotokoll N149 NH 125 m mit Abschaltung

Project:
Differdange_NV_fin2

Licensed user:
TÜV Rheinland Energy GmbH
tre-service@de.tuv.com

Dr. Kai Born / kai.born@de.tuv.com
Calculated:
21.02.2020 16:17/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: N149-125 curtailment
Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence
Calculate only when more than 20 % of sun is covered by the blade
Please look in WTG table

Minimum sun height over horizon for influence 3 °
Day step for calculation 1 days
Time step for calculation 1 minutes

Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [TRIER]
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
1,29 2,62 3,51 5,39 6,60 6,56 7,20 6,77 4,98 2,92 1,63 1,15

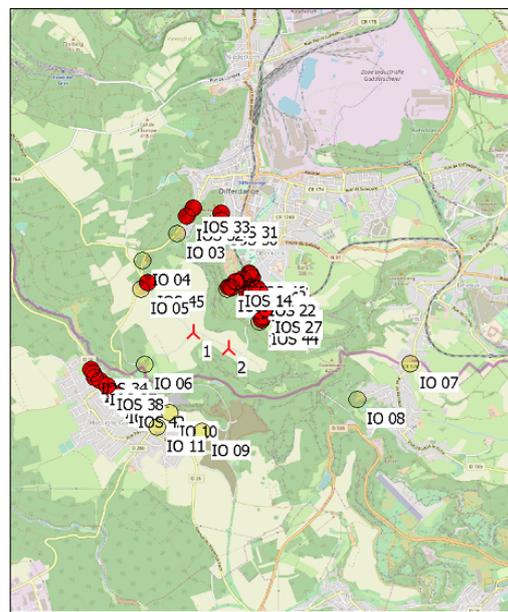
Operational hours are calculated from WTGs in calculation and wind distribution:
LUXEMBOURG_(AUT)_SYNOP_06-590_N49.620_E06.220

Operational time
N NINE ENE E ESE SSE S SSW WSW W WNW NNW Sum
906 764 1.025 341 292 336 633 959 1.156 916 439 353 8.121
Idle start wind speed : Cut in wind speed from power curve

Flicker curtailment by stopping specific turbines

A ZVI (Zones of Visual Influence) calculation is performed before flicker calculation so non visible WTG do not contribute to calculated flicker values. A WTG will be visible if it is visible from any part of the receiver window. The ZVI calculation is based on the following assumptions:
Height contours used: PrjAss Höhenraster (EU-DEM 1 arc-second)
Obstacles used in calculation
Eye height for map: 1,5 m
Grid resolution: 1,0 m

All coordinates are in
Luxemburgian TM-LUREF (LU)



WTGs

	X	Y	Z	Row data/Description	WTG type			Shadow data				
					Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Calculation distance [m]	RPM [RPM]
1	59.213	63.315	418,1	WEA 1 - N149-125	Yes	NORDEX	N149/4.0-4.5-4.500	4.500	149,0	125,0	1.808	10,7
2	59.666	63.111	410,7	WEA 2 - N149-125	Yes	NORDEX	N149/4.0-4.5-4.500	4.500	149,0	125,0	1.808	10,7

Shadow receptor-Input

No.	Name	X	Y	Z	Width [m]	Height [m]	Elevation a.g.l. [m]	Slope of window [°]	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l. [m]
IO 01	Differdange: 44, Um Biergwee	60.064	63.449	343,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 02	Differdange: 89, Rue des Mines	59.643	63.872	340,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 03	Differdange: 143, Rue de Hussigny	59.008	64.613	337,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 04	Differdange: 68, Rue de Hussigny	58.554	64.253	380,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 05	Differdange: Vasquenhaiff	58.527	63.874	407,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 06	Differdange: Bache-Lang	58.576	62.900	380,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 07	Belvaux (Sanem): 160, Rue de France	62.027	62.902	345,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 08	Rédange (FR): 41, Rue George Sand	61.338	62.431	364,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 09	Hussigny-Godbranche (FR): 15, Rue de l'Étang	59.316	62.019	410,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 10	Hussigny-Godbranche (FR): 20, Rue de la Côte Rouge	58.900	62.269	381,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 11	Hussigny-Godbranche (FR): 215 Rue Victor Hugo	58.731	62.083	399,3	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 12		59.676	63.911	336,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 13		59.712	63.896	330,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 14	Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slo pe: 90,0° (14)	59.759	63.977	328,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 15		59.789	63.979	326,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 16		59.845	64.012	323,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 17		59.921	63.817	333,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 18		59.955	63.817	333,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 19		60.002	63.888	327,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 20		59.971	63.908	325,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0

To be continued on next page...

Project:
Differdange_NV_fin2

Licensed user:
TÜV Rheinland Energy GmbH
tre-service@de.tuv.com

Dr. Kai Born / kai.born@de.tuv.com
Calculated:
21.02.2020 16:17/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: N149-125 curtailment

...continued from previous page

No.	Name	X	Y	Z	Width	Height	Elevation a.g.l.	Slope of window [°]	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l. [m]
IOS 21		60.044	63.891	323,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 22		60.066	63.854	326,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 23		60.091	63.828	326,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 24		60.102	63.787	330,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 25		60.150	63.726	329,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 26		60.147	63.684	330,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 27		60.148	63.625	332,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 28		60.148	63.589	334,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 29		60.133	63.548	338,3	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 30		59.581	64.774	333,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 31		59.575	64.867	336,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 32		59.130	64.825	328,3	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 33		59.212	64.940	321,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 34		57.882	62.838	375,3	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 35		57.901	62.785	375,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 36		57.932	62.723	376,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 37		57.994	62.688	372,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 38		58.084	62.632	372,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 39		58.146	62.588	372,1	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 40		58.186	62.520	378,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 41		58.235	62.455	378,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 42		58.363	62.392	375,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 43		60.121	63.512	339,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 44		60.092	63.482	342,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 45		58.622	63.968	401,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 46		59.935	64.091	318,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 47		59.959	64.068	317,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 48		59.979	64.041	315,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Name	Shadow, worst case			Shadow, expected values			
		Shadow hours per year	Shadow days per year	Max shadow hours per day	Avoided hours per year	Avoided days per year	Shadow hours per year	Avoided hours per year
		[h/year]	[days/year]	[h/day]	[h/year]	[days/year]	[h/year]	[h/year]
IO 01*	Differdange: 44, Um Bergwee	6:59	44	0:29	83:06	87	1:31	15:55
IO 02*	Differdange: 89, Rue des Mines	0:00	0	0:00	82:47	120	0:00	9:57
IO 03	Differdange: 143, Rue de Hussigny	0:00	0	0:00			0:00	
IO 04*	Differdange: 6B, Rue de Hussigny	15:33	50	0:24	25:21	8	1:08	1:47
IO 05*	Differdange: Vasquenhalf	13:40	44	0:27	34:01	27	1:21	3:16
IO 06*	Differdange: Bache-Lang	12:35	47	0:24	7:01	1	3:08	1:43
IO 07	Belvaux (Sanem): 160, Rue de France	0:00	0	0:00			0:00	
IO 08	Rédange (FR): 41, Rue George Sand	0:00	0	0:00			0:00	
IO 09	Hussigny-Godbranche (FR): 15, Rue de l'Étang	0:00	0	0:00			0:00	
IO 10	Hussigny-Godbranche (FR): 20, Rue de la Côte Rouge	0:00	0	0:00			0:00	
IO 11	Hussigny-Godbranche (FR): 215 Rue Victor Hugo	0:00	0	0:00			0:00	
IOS 12*		7:16	76	0:19	64:13	39	0:41	7:49
IOS 13*		23:52	101	0:23	47:41	21	2:36	6:10
IOS 14*	Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slo pe: 90,0° (14)	18:02	83	0:27	34:29	26	1:47	4:29
IOS 15*		19:57	87	0:29	30:20	21	2:02	4:02
IOS 16*		17:06	78	0:23	25:52	21	1:47	3:23
IOS 17*		14:04	54	0:22	67:10	76	2:24	7:53
IOS 18*		9:29	51	0:18	16:06		1:38	2:49
IOS 19*		11:59	55	0:25	54:09	64	1:57	6:22
IOS 20*		13:24	52	0:23	49:07	64	2:13	5:39
IOS 21*		8:10	56	0:24	58:31	65	1:19	7:02
IOS 22*		0:00	0	0:00	72:23	128	0:00	9:06
IOS 23*		17:46	131	0:22	57:45	2	2:23	7:09
IOS 24*		27:54	140	0:20	52:01	1	3:46	6:28
IOS 25*		16:45	118	0:26	50:41	13	2:14	7:23
IOS 26*		0:00	0	0:00	65:55	123	0:00	10:05
IOS 27*		11:14	85	0:20	54:31	33	2:00	8:54
IOS 28*		13:16	80	0:19	53:05	36	2:19	9:10

To be continued on next page...

Project:
Differdange_NV_fin2

Licensee user:
TÜV Rheinland Energy GmbH
tre-service@de.tuv.com
-

Dr. Kai Born / kai.born@de.tuv.com
Calculated:
21.02.2020 16:17/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: N149-125 curtailment

...continued from previous page

No.	Name	Shadow, worst case				Shadow, expected values		
		Shadow hours per year	Shadow days per year	Max shadow hours per day	Avoided hours per year	Avoided days per year	Shadow hours per year	Avoided hours per year
		[h/year]	[days/year]	[h/day]	[h/year]	[days/year]	[h/year]	[h/year]
IOS 29*		12:30	73	0:24	58:03	46	2:11	10:26
IOS 30		0:00	0	0:00			0:00	
IOS 31		0:00	0	0:00			0:00	
IOS 32		0:00	0	0:00			0:00	
IOS 33		0:00	0	0:00			0:00	
IOS 34*		18:58	73	0:26	3:42	2	5:03	0:54
IOS 35*		19:18	60	0:26	6:47	27	5:18	1:39
IOS 36*		28:50	90	0:26	6:51	18	7:51	1:41
IOS 37*		26:24	66	0:27	8:11	31	7:12	2:03
IOS 38*		16:28	70	0:21	3:19	1	4:25	0:51
IOS 39*		11:08	39	0:22	0:13		3:00	0:03
IOS 40		13:17	45	0:23			3:39	
IOS 41		17:56	62	0:23			4:59	
IOS 42		22:07	60	0:25			6:04	
IOS 43*		8:11	73	0:22	66:02	48	1:26	12:15
IOS 44*		2:55	33	0:15	78:44	92	0:27	14:51
IOS 45*		19:12	60	0:27	54:01	30	1:33	4:00
IOS 46*		8:02	43	0:22	23:00	40	0:53	2:48
IOS 47*		4:32	36	0:20	30:45	56	0:30	3:42
IOS 48*		0:00	0	0:00	40:41	97	0:00	4:54

* Receptors where shadow flicker is reduced by curtailment

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG				
No.	Name	Worst case [h/year]	Stopped due to flicker curtailment [h/year]	Expected [h/year]
1	WEA 1 - N149-125	134:38	229:13	27:21
2	WEA 2 - N149-125	160:47	264:54	27:34

Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

Variante 2 – Berechnungsprotokoll Nordex 149 NH 164 m

Project:
Differdange_NV_fin2

Licensed user:
TÜV Rheinland Energy GmbH
tre-service@de.tuv.com

Dr. Kai Born / kai.born@de.tuv.com
Calculated:
21.02.2020 14:51/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: N149-164

Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence
Calculate only when more than 20 % of sun is covered by the blade
Please look in WTG table

Minimum sun height over horizon for influence 3 °
Day step for calculation 1 days
Time step for calculation 1 minutes

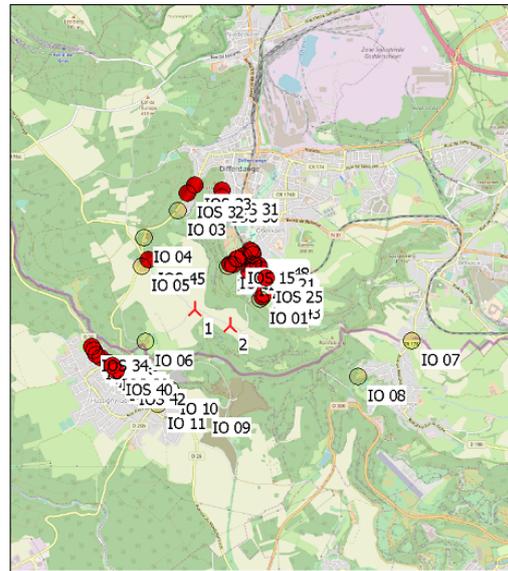
Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [TRIER]
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
1,29 2,62 3,51 5,39 6,60 6,56 7,20 6,77 4,98 2,92 1,63 1,15

Operational hours are calculated from WTGs in calculation and wind distribution:
LUXEMBOURG_(AUT)_SYNOP_06-590_N49.620_E06.220

Operational time
N NNE ENE E ESE SSE S SSW WSW W WNW NNW Sum
925 781 1.047 348 298 343 647 980 1.180 936 448 361 8.295
Idle start wind speed : Cut in wind speed from power curve

A ZVI (Zones of Visual Influence) calculation is performed before flicker calculation so non visible WTG do not contribute to calculated flicker values. A WTG will be visible if it is visible from any part of the receiver window. The ZVI calculation is based on the following assumptions:
Height contours used: PrjAss Höhenraster (EU-DEM 1 arc-second)
Obstacles used in calculation
Eye height for map: 1,5 m
Grid resolution: 1,0 m

All coordinates are in
Luxemburgian TM-LUREF (LU)



WTGs

X	Y	Z	Row data/Description	WTG type			Shadow data				
				Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Calculation distance [m]	RPM
1	59.213	63.315	418,1 WEA 1 - N149-164	Yes	NORDEX	N149/4.0-4.5-4.500	4.500	149,0	164,0	1.805	10,7
2	59.666	63.111	410,7 WEA 2 - N149-164	Yes	NORDEX	N149/4.0-4.5-4.500	4.500	149,0	164,0	1.805	10,7

Shadow receptor-Input

No.	Name	X	Y	Z	Width [m]	Height [m]	Elevation a.g.l. [m]	Slope of window [°]	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l. [m]
IO 01	Differdange: 44, Um Biergwee	60.064	63.449	343,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 02	Differdange: 89, Rue des Mines	59.643	63.872	340,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 03	Differdange: 143, Rue de Hussigny	59.008	64.613	337,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 04	Differdange: 68, Rue de Hussigny	58.554	64.253	380,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 05	Differdange: Vasquenhaff	58.527	63.874	407,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 06	Differdange: Bache-Lang	58.576	62.900	380,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 07	Belvaux (Sanem): 160, Rue de France	62.027	62.902	345,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 08	Rédange (FR): 41, Rue George Sand	61.338	62.431	364,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 09	Hussigny-Godbranche (FR): 15, Rue de l'Étang	59.316	62.019	410,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 10	Hussigny-Godbranche (FR): 20, Rue de la Côte Rouge	58.900	62.269	381,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 11	Hussigny-Godbranche (FR): 215 Rue Victor Hugo	58.731	62.083	399,3	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 12		59.676	63.911	336,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 13		59.712	63.896	330,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 14	Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slo pe: 90,0° (14)	59.759	63.977	328,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 15		59.789	63.979	326,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 16		59.845	64.012	323,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 17		59.921	63.817	333,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 18		59.955	63.817	333,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 19		60.002	63.888	327,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 20		59.971	63.908	325,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 21		60.044	63.891	323,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 22		60.066	63.854	326,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0

To be continued on next page...

Project:
Differdange_NV_fin2

Licensed user:
TÜV Rheinland Energy GmbH
tre-service@de.tuv.com

Dr. Kai Born / kai.born@de.tuv.com
Calculated:
21.02.2020 14:51/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: N149-164

...continued from previous page

No.	Name	X	Y	Z	Width	Height	Elevation a.g.l.	Slope of window [°]	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l. [m]
IOS 23		60.091	63.828	326,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 24		60.102	63.787	330,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 25		60.150	63.726	329,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 26		60.147	63.684	330,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 27		60.148	63.625	332,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 28		60.148	63.589	334,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 29		60.133	63.548	338,3	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 30		59.581	64.774	333,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 31		59.575	64.867	336,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 32		59.130	64.825	328,3	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 33		59.212	64.940	321,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 34		57.882	62.838	375,3	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 35		57.901	62.785	375,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 36		57.932	62.723	376,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 37		57.994	62.688	372,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 38		58.084	62.632	372,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 39		58.146	62.588	372,1	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 40		58.186	62.520	378,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 41		58.235	62.455	378,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 42		58.363	62.392	375,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 43		60.121	63.512	339,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 44		60.092	63.482	342,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 45		58.622	63.968	401,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 46		59.935	64.091	318,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 47		59.959	64.068	317,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 48		59.979	64.041	315,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Name	Shadow, worst case			Shadow, expected values	
		Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]	Shadow hours per year [h/year]	
IO 01	Differdange: 44, Um Biergwee	82:42	119	1:00	17:34	
IO 02	Differdange: 89, Rue des Mines	93:15	134	0:48	11:46	
IO 03	Differdange: 143, Rue de Hussigny	0:00	0	0:00	0:00	
IO 04	Differdange: 68, Rue de Hussigny	53:16	68	0:55	4:02	
IO 05	Differdange: Vasquenhaff	43:46	62	1:01	4:55	
IO 06	Differdange: Bache-Lang	20:43	50	0:32	5:18	
IO 07	Belvaux (Sanem): 160, Rue de France	0:00	0	0:00	0:00	
IO 08	Rédange (FR): 41, Rue George Sand	0:00	0	0:00	0:00	
IO 09	Hussigny-Godbranche (FR): 15, Rue de l'Étang	0:00	0	0:00	0:00	
IO 10	Hussigny-Godbranche (FR): 20, Rue de la Côte Rouge	0:00	0	0:00	0:00	
IO 11	Hussigny-Godbranche (FR): 215 Rue Victor Hugo	0:00	0	0:00	0:00	
IOS 12		82:35	128	0:45	10:20	
IOS 13		84:49	135	0:46	10:49	
IOS 14	Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slo pe: 90,0° (14)	65:45	121	0:41	8:08	
IOS 15		64:34	121	0:41	8:02	
IOS 16		57:46	116	0:38	7:09	
IOS 17		89:16	144	0:47	11:43	
IOS 18		86:48	145	0:46	11:27	
IOS 19		74:19	132	0:42	9:37	
IOS 20		72:48	130	0:42	9:19	
IOS 21		72:06	135	0:41	9:23	
IOS 22		73:20	141	0:42	9:45	
IOS 23		69:22	146	0:42	9:33	
IOS 24		63:30	127	0:43	9:20	
IOS 25		55:44	110	0:44	9:17	
IOS 26		56:48	109	0:45	10:01	
IOS 27		58:37	108	0:47	10:59	
IOS 28		59:45	109	0:48	11:26	
IOS 29		64:08	113	0:51	12:28	
IOS 30		0:00	0	0:00	0:00	
IOS 31		0:00	0	0:00	0:00	
IOS 32		0:00	0	0:00	0:00	

To be continued on next page...

Project:
Differdange_NV_fin2

Licensed user:
TÜV Rheinland Energy GmbH
tre-service@de.tuv.com
-

Dr. Kai Born / kai.born@de.tuv.com
Calculated:
21.02.2020 14:51/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: N149-164

...continued from previous page

No.	Name	Shadow, worst case			Shadow, expected values
		Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]	Shadow hours per year [h/year]
IOS 33		0:00	0	0:00	0:00
IOS 34		18:30	57	0:26	5:07
IOS 35		33:14	113	0:26	8:58
IOS 36		34:54	100	0:26	9:27
IOS 37		27:48	85	0:27	7:32
IOS 38		10:23	38	0:22	2:48
IOS 39		12:15	42	0:23	3:23
IOS 40		15:00	51	0:23	4:12
IOS 41		24:00	76	0:24	6:40
IOS 42		15:21	47	0:24	4:15
IOS 43		67:35	113	0:53	13:27
IOS 44		74:32	117	0:56	15:13
IOS 45		62:35	94	1:07	5:20
IOS 46		45:09	104	0:33	5:26
IOS 47		49:16	108	0:36	6:02
IOS 48		53:43	111	0:37	6:41

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
1	WEA 1 - N149-164	338:11	56:53
2	WEA 2 - N149-164	464:27	70:38

Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

Variante 2 mit Abschaltplan: Berechnungsprotokoll Nordex 149 NH 164 m

Project:
Differdange_NV_fin2

Licensed user:
TÜV Rheinland Energy GmbH
tre-service@de.tuv.com

Dr. Kai Born / kai.born@de.tuv.com
Calculated:
21.02.2020 16:11/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: N149-164 curtailment
Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence
Calculate only when more than 20 % of sun is covered by the blade
Please look in WTG table

Minimum sun height over horizon for influence 3 °
Day step for calculation 1 days
Time step for calculation 1 minutes

Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [TRIER]
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
1,29 2,62 3,51 5,39 6,60 6,56 7,20 6,77 4,98 2,92 1,63 1,15

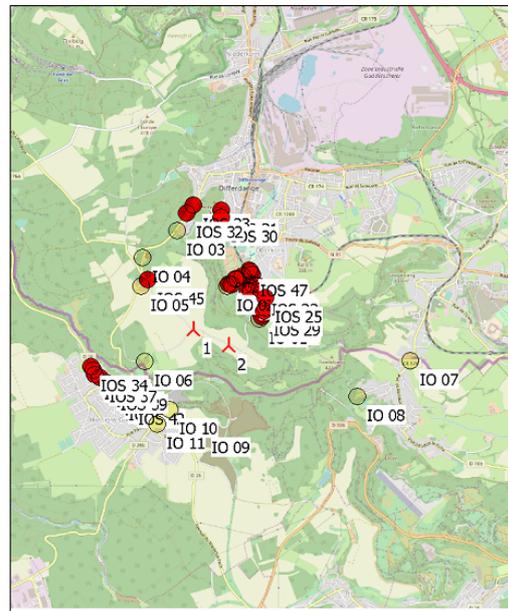
Operational hours are calculated from WTGs in calculation and wind distribution:
LUXEMBOURG_(AUT)_SYNOP_06-590_N49.620_E06.220

Operational time
N NINE ENE E ESE SSE S SSW WSW W WNW NNW Sum
925 781 1.047 348 298 343 647 980 1.180 936 448 361 8.295
Idle rest wind speed : Cut in wind speed from power curve

Flicker curtailment by stopping specific turbines

A ZVI (Zones of Visual Influence) calculation is performed before flicker calculation so non visible WTG do not contribute to calculated flicker values. A WTG will be visible if it is visible from any part of the receiver window. The ZVI calculation is based on the following assumptions:
Height contours used: PrjAss Höhenraster (EU-DEM 1 arc-second)
Obstacles used in calculation
Eye height for map: 1,5 m
Grid resolution: 1,0 m

All coordinates are in
Luxemburgian TM-LUREF (LU)



WTGs

	X	Y	Z	Row data/Description	WTG type			Shadow data				
					Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Calculation distance [m]	RPM [RPM]
1	59.213	63.315	418,1	WEA 1 - N149-164	Yes	NORDEX	N149/4.0-4.5-4.500	4.500	149,0	164,0	1.805	10,7
2	59.666	63.111	410,7	WEA 2 - N149-164	Yes	NORDEX	N149/4.0-4.5-4.500	4.500	149,0	164,0	1.805	10,7

Shadow receptor-Input

No.	Name	X	Y	Z	Width [m]	Height [m]	Elevation a.g.l. [m]	Slope of window [°]	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l. [m]
IO 01	Differdange: 44, Um Biergwee	60.064	63.449	343,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 02	Differdange: 89, Rue des Mines	59.643	63.872	340,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 03	Differdange: 143, Rue de Hussigny	59.008	64.613	337,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 04	Differdange: 68, Rue de Hussigny	58.554	64.253	380,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 05	Differdange: Vasquenhaiff	58.527	63.874	407,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 06	Differdange: Bache-Lang	58.576	62.900	380,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 07	Belvaux (Sanem): 160, Rue de France	62.027	62.902	345,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 08	Rédange (FR): 41, Rue George Sand	61.338	62.431	364,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 09	Hussigny-Godbranche (FR): 15, Rue de l'Étang	59.316	62.019	410,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 10	Hussigny-Godbranche (FR): 20, Rue de la Côte Rouge	58.900	62.269	381,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IO 11	Hussigny-Godbranche (FR): 215 Rue Victor Hugo	58.731	62.083	399,3	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 12		59.676	63.911	336,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 13		59.712	63.896	330,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 14	Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slo pe: 90,0° (14)	59.759	63.977	328,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 15		59.789	63.979	326,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 16		59.845	64.012	323,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 17		59.921	63.817	333,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 18		59.955	63.817	333,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 19		60.002	63.888	327,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 20		59.971	63.908	325,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0

To be continued on next page...

Project:
Differdange_NV_fin2

Licensed user:
TÜV Rheinland Energy GmbH
tre-service@de.tuv.com

Dr. Kai Born / kai.born@de.tuv.com
Calculated:
21.02.2020 16:11/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: N149-164 curtailment

...continued from previous page

No.	Name	X	Y	Z	Width	Height	Elevation a.g.l.	Slope of window [°]	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l. [m]
IOS 21		60.044	63.891	323,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 22		60.066	63.854	326,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 23		60.091	63.828	326,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 24		60.102	63.787	330,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 25		60.150	63.726	329,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 26		60.147	63.684	330,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 27		60.148	63.625	332,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 28		60.148	63.589	334,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 29		60.133	63.548	338,3	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 30		59.581	64.774	333,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 31		59.575	64.867	336,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 32		59.130	64.825	328,3	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 33		59.212	64.940	321,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 34		57.882	62.838	375,3	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 35		57.901	62.785	375,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 36		57.932	62.723	376,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 37		57.994	62.688	372,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 38		58.084	62.632	372,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 39		58.146	62.588	372,1	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 40		58.186	62.520	378,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 41		58.235	62.455	378,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 42		58.363	62.392	375,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 43		60.121	63.512	339,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 44		60.092	63.482	342,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 45		58.622	63.968	401,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 46		59.935	64.091	318,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 47		59.959	64.068	317,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
IOS 48		59.979	64.041	315,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Name	Shadow, worst case				Shadow, expected values			
		Shadow hours per year	Shadow days per year	Max shadow hours per day	Avoided hours per year	Avoided days per year	Shadow hours per year	Avoided hours per year	
		[h/year]	[days/year]	[h/day]	[h/year]	[days/year]	[h/year]	[h/year]	
IO 01*	Differdange: 44, Um Biergwee	0:00	0	0:00	82:42	119	0:00	17:34	
IO 02*	Differdange: 89, Rue des Mines	0:00	0	0:00	93:15	134	0:00	11:46	
IO 03	Differdange: 143, Rue de Hussigny	0:00	0	0:00			0:00		
IO 04*	Differdange: 68, Rue de Hussigny	22:25	68	0:23	30:51		1:38	2:23	
IO 05*	Differdange: Vasquenhaff	13:49	42	0:26	29:57	20	1:33	3:22	
IO 06*	Differdange: Bache-Lang	15:30	50	0:27	5:13		3:59	1:19	
IO 07	Belvaux (Sanem): 160, Rue de France	0:00	0	0:00			0:00		
IO 08	Rédange (FR): 41, Rue George Sand	0:00	0	0:00			0:00		
IO 09	Hussigny-Godbranche (FR): 15, Rue de l'Étang	0:00	0	0:00			0:00		
IO 10	Hussigny-Godbranche (FR): 20, Rue de la Côte Rouge	0:00	0	0:00			0:00		
IO 11	Hussigny-Godbranche (FR): 215 Rue Victor Hugo	0:00	0	0:00			0:00		
IOS 12*		10:59	101	0:19	71:36	27	1:07	9:12	
IOS 13*		26:06	129	0:21	58:43	6	3:03	7:47	
IOS 14*	Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slo pe: 90,0° (14)	21:33	111	0:24	44:12	10	2:20	5:48	
IOS 15*		21:00	114	0:17	43:34	7	2:20	5:42	
IOS 16*		7:12	52	0:21	50:34	64	0:56	6:13	
IOS 17*		13:21	50	0:19	75:55	94	2:27	9:14	
IOS 18*		11:06	76	0:17	75:42	69	1:57	9:28	
IOS 19*		11:03	63	0:23	63:16	69	1:57	7:38	
IOS 20*		12:32	63	0:22	60:16	67	2:12	7:06	
IOS 21*		7:30	63	0:22	64:36	72	1:19	8:03	
IOS 22*		0:00	0	0:00	73:20	141	0:00	9:45	
IOS 23*		12:27	122	0:20	56:55	24	1:51	7:41	
IOS 24*		17:19	105	0:19	46:11	22	2:45	6:35	
IOS 25*		5:28	38	0:24	50:16	72	1:00	8:16	
IOS 26*		2:09	34	0:09	54:39	75	0:21	9:39	
IOS 27*		9:50	74	0:20	48:47	34	1:56	9:02	
IOS 28*		9:39	67	0:18	50:06	42	1:55	9:29	

To be continued on next page...

Project:
Differdange_NV_fin2

Licensed user:
TÜV Rheinland Energy GmbH
tre-service@de.tuv.com
-

Dr. Kai Born / kai.born@de.tuv.com
Calculated:
21.02.2020 16:11/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: N149-164 curtailment

...continued from previous page

No.	Name	Shadow, worst case				Shadow, expected values		
		Shadow hours per year	Shadow days per year	Max shadow hours per day	Avoided hours per year	Avoided days per year	Shadow hours per year	Avoided hours per year
		[h/year]	[days/year]	[h/day]	[h/year]	[days/year]	[h/year]	[h/year]
IOS 29*		7:12	40	0:23	56:56	73	1:28	10:58
IOS 30		0:00	0	0:00			0:00	
IOS 31		0:00	0	0:00			0:00	
IOS 32		0:00	0	0:00			0:00	
IOS 33		0:00	0	0:00			0:00	
IOS 34		18:30	57	0:26			5:07	
IOS 35*		26:06	84	0:26	7:08	29	7:11	1:47
IOS 36*		27:51	84	0:26	7:03	16	7:40	1:46
IOS 37*		19:17	53	0:27	8:31	32	5:19	2:12
IOS 38*		6:58	37	0:21	3:25	1	1:53	0:55
IOS 39*		12:03	42	0:23	0:12		3:19	0:03
IOS 40		15:00	51	0:23			4:12	
IOS 41		24:00	76	0:24			6:40	
IOS 42		15:21	47	0:24			4:15	
IOS 43*		4:35	62	0:20	63:00	51	0:54	12:32
IOS 44*		0:36	21	0:03	73:56	96	0:06	15:07
IOS 45*		17:07	50	0:27	45:28	44	1:32	3:48
IOS 46*		8:08	48	0:27	37:01	56	0:59	4:27
IOS 47*		4:37	43	0:20	44:39	65	0:34	5:27
IOS 48*		0:00	0	0:00	53:43	111	0:00	6:41

* Receptors where shadow flicker is reduced by curtailment

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG				
No.	Name	Worst case [h/year]	Stopped due to flicker curtailment [h/year]	Expected [h/year]
1	WEA 1 - N149-164	103:42	234:29	23:18
2	WEA 2 - N149-164	158:37	305:50	27:43

Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

A4 Kalender pro WEA: Tägliche Abschaltzeiten

Variante 1 – N149 NH 125 m Kalender pro WEA: Tägliche Abschaltzeiten

Project: Differdange_NV_fin2		Licensed user: TÜV Rheinland Energy GmbH tre-service@de.tuv.com - Dr. Kai Born / kai.born@de.tuv.com Calculated: 21.02.2020 16:17/3.3.274			
SHADOW - Flicker curtailment calendar Calculation: N149-125 curtailment WTG: 1 - WEA 1 - N149-125 Flicker curtailment by stopping specific turbines					
January	February	March	April	May	June
1 09:19-09:56	14:55-16:15 08:56-10:00	17:01-17:23 16:26-16:49	18:19-18:52		
2 09:19-09:56	14:55-16:15 09:36-09:58 08:55-09:35	16:59-17:25 16:28-16:47	18:19-18:50		
3 09:20-09:57	14:56-16:16 09:38-09:57 08:56-09:36	16:58-17:26 16:30-16:45	18:19-18:49		
4 09:19-09:57	14:56-16:16 09:41-09:53 08:56-09:35	16:57-17:27 16:36-16:39	18:21-18:47		
5 09:20-09:58	14:57-16:16 08:57-09:36	16:56-17:27	18:22-18:46		
6 09:20-09:59	14:57-16:16 08:57-09:35	16:54-17:27	18:24-18:44		
7 15:07-15:16 09:20-09:59	14:57-16:15 08:57-09:35	16:54-17:27	18:27-18:40		
8 15:05-15:19 09:21-10:00	15:45-16:16 14:58-15:44 08:58-09:35	16:54-17:27			
9 15:03-15:21 09:21-10:00	15:45-16:15 14:58-15:44 08:58-09:34	16:54-17:27			
10 15:03-15:24 09:21-10:01	16:31-16:44 15:45-16:14 14:59-15:43 08:59-09:33	16:54-17:27			
11 15:02-15:25 09:21-10:02	16:29-16:47 15:46-16:13 14:59-15:42 09:01-09:33	16:54-17:26			
12 15:00-15:26 09:21-10:02	16:28-16:49 15:48-16:13 15:01-15:42 09:02-09:31	16:54-17:26			
13 15:00-15:28 09:22-10:03 09:06-09:15	16:26-16:51 15:49-16:11 15:02-15:41 09:03-09:30	16:55-17:25			
14 15:00-15:30 09:22-10:03 09:03-09:18	16:25-16:52 15:51-16:10 15:03-15:40 09:04-09:28	16:54-17:23			
15 14:59-15:31 09:22-10:04 09:02-09:20	16:23-16:52 15:54-16:07 15:05-15:38 09:06-09:25	16:55-17:22			
16 14:58-15:32 09:23-10:04 09:01-09:21	16:23-16:53 15:06-15:36 09:09-09:22	17:32-17:47 16:57-17:21			
17 14:58-15:33 09:00-10:04	16:23-16:54 15:09-15:35	17:29-17:50 16:58-17:19			
18 14:57-15:34 08:59-10:04	16:22-16:55 15:12-15:33	17:27-17:52 17:01-17:17			
19 14:57-15:35 08:58-10:05	16:22-16:55 15:16-15:29	17:25-17:53 17:04-17:13			
20 15:53-15:58 14:56-15:36 08:58-10:05	16:21-16:55	17:23-17:53			
21 15:50-16:02 14:56-15:37 08:57-10:05	16:21-16:55	17:22-17:54			
22 15:48-16:05 14:56-15:38 08:57-10:05	16:21-16:55	17:21-17:55			
23 15:47-16:07 14:56-15:39 08:57-10:05	16:21-16:55	17:20-17:55			
24 15:46-16:08 14:56-15:40 08:56-10:05	16:22-16:54	17:19-17:56			
25 15:45-16:09 14:55-15:40 08:55-10:04	16:22-16:53	17:19-17:56			
26 15:44-16:10 14:55-15:41 08:55-10:04	16:23-16:53	17:18-17:55			
27 15:44-16:12 14:55-15:42 08:56-10:04	17:05-17:19 16:23-16:52	17:17-17:55			
28 15:43-16:12 14:55-15:42 08:56-10:04	17:03-17:22 16:25-16:51	17:17-17:54			
29 14:55-16:13 08:55-10:03		18:18-18:54			
30 14:55-16:14 08:55-10:03		18:18-18:54			
31 14:55-16:14 08:55-10:01		18:18-18:53			

Project: Differdange_NV_fin2		Licensed user: TÜV Rheinland Energy GmbH tre-service@de.tuv.com - Dr. Kai Born / kai.born@de.tuv.com Calculated: 21.02.2020 16:17/3.3.274			
SHADOW - Flicker curtailment calendar Calculation: N149-125 curtailment WTG: 1 - WEA 1 - N149-125 Flicker curtailment by stopping specific turbines					
July	August	September	October	November	December
1			17:33-18:04	16:02-16:13 15:15-15:44 14:28-15:13 08:29-09:06	14:44-15:07 09:03-09:44
2			17:33-18:05	15:15-15:45 14:28-15:13 08:28-09:04	14:45-15:06 09:03-09:44
3			17:32-18:05	14:27-15:45 08:28-09:05	14:47-15:05 09:05-09:44
4			17:31-18:05	14:26-15:45 08:26-09:04	14:49-15:04 09:05-09:44
5		18:23-18:36	17:31-18:04	14:26-15:46 08:26-09:05	14:51-15:02 09:05-09:44
6		18:20-18:39	17:31-18:04	14:26-15:46 08:26-09:06	14:57-14:58 09:06-09:45
7		18:17-18:41	17:30-18:03	14:26-15:47 09:11-09:25 08:27-09:06	09:07-09:45
8		18:07-18:43	17:31-18:03	14:26-15:46 09:08-09:27 08:26-09:06	09:07-09:45
9		18:14-18:43	17:30-18:01	14:26-15:46 08:26-09:29	09:08-09:45
10		18:12-18:43	17:31-18:00 17:07-17:17	14:26-15:46 08:26-09:31	09:08-09:45
11		18:11-18:44	17:32-18:00 17:03-17:20	14:27-15:46 08:27-09:33	09:09-09:46
12		18:10-18:44	17:33-17:57 17:00-17:21	14:26-15:45 08:26-09:34	09:10-09:46
13		18:09-18:45	17:34-17:56 16:58-17:23	14:27-15:45 08:27-09:35	09:10-09:46
14		18:08-18:44	17:36-17:53 16:56-17:23	15:16-15:45 14:27-15:15 08:28-09:36	09:11-09:47
15		18:09-18:45	17:39-17:50 16:55-17:24	15:17-15:45 14:28-15:15 08:29-09:37	09:12-09:47
16		18:07-18:44	16:55-17:25	15:17-15:43 14:28-15:14 08:28-09:37	09:12-09:48
17		18:06-18:43	16:53-17:25	15:19-15:43 14:29-15:14 08:29-09:38	09:13-09:48
18		18:06-18:43	16:53-17:26	15:20-15:42 14:30-15:14 08:30-09:39	09:13-09:48
19		18:06-18:42	16:53-17:26	15:21-15:41 14:30-15:13 08:31-09:39	09:14-09:49
20		18:06-18:42	16:52-17:25	15:23-15:40 14:31-15:13 08:32-09:40	09:14-09:49
21		18:06-18:40	16:52-17:25	15:26-15:38 14:32-15:13 08:33-09:41	09:15-09:49
22		18:07-18:40	16:52-17:25	15:29-15:35 14:32-15:12 08:34-09:41	09:15-09:49
23		18:07-18:38	16:51-17:24 15:44-15:59	14:34-15:12 08:35-09:42	09:16-09:51
24		18:08-18:37 17:51-17:53	16:52-17:24 15:41-16:03	14:35-15:12 08:37-09:42	09:16-09:51
25		18:09-18:35 17:44-17:58	15:52-16:24 14:38-15:05 08:45-08:47	14:36-15:11 08:38-09:42	09:17-09:52
26		18:11-18:33 17:42-18:01	15:53-16:23 15:27-15:34 14:36-15:07 08:39-08:58	14:37-15:11 09:02-09:43 08:40-09:01	09:17-09:52
27		18:13-18:30 17:39-18:02	15:53-16:22 15:22-15:37 14:34-15:08 08:35-08:58	14:38-15:10 09:01-09:43 08:41-08:59	09:17-09:53
28		18:16-18:25 17:37-18:02	15:54-16:21 15:20-15:40 14:32-15:10 08:33-08:58	14:40-15:10 09:02-09:43 08:43-08:58	09:18-09:53
29		17:35-18:04	15:56-16:20 15:19-15:41 14:31-15:11 08:32-09:01	14:41-15:09 09:02-09:43 08:46-08:56	09:18-09:53
30		17:34-18:04	15:57-16:18 15:17-15:42 14:30-15:11 08:31-09:01	14:42-15:08 09:03-09:44	09:19-09:54
31			15:59-16:16 15:16-15:43 14:29-15:12 08:29-09:02		09:18-09:55

Berechnung der Schattenwurf-Belastung für die geplanten Windenergieanlagen
der Firma Solarpower S.A. in Differdingen, Luxemburg,
Berichts-Nr. 936/21246682/A2

Seite 47 von 49

Projekt: Differdange_NV_fin2		Licensed user: TÜV Rheinland Energy GmbH tre-service@de.tuv.com -			
		Dr. Kai Born / kai.born@de.tuv.com Calculated: 21.02.2020 16:17/3.3.274			
SHADOW - Flicker curtailment calendar Calculation: N149-125 curtailmenWTG: 2 - WEA 2 - N149-125 Flicker curtailment by stopping specific turbines					
January	February	March	April	May	June
1 13:38-14:58 12:11-12:50 09:10-09:34	15:07-15:53	15:23-16:24		06:55-07:10	
2 13:38-14:58 12:12-12:50 09:11-09:34	15:06-15:52	15:23-16:24		06:57-07:09	
3 13:39-14:59 12:13-12:50 09:12-09:35	15:07-15:53	15:23-16:24		06:58-07:06	
4 13:39-14:59 12:13-12:49 09:11-09:35	15:07-15:53	15:23-16:24			
5 13:39-15:00 12:15-12:50 09:12-09:35	15:08-15:54	15:24-16:23			
6 13:40-15:01 12:16-12:50 09:13-09:36	15:08-15:53	15:23-16:22			
7 13:40-15:01 12:16-12:49 09:13-09:36	15:08-15:58	15:24-16:21			
8 13:41-15:01 12:18-12:49 09:14-09:37	15:09-16:04	15:25-16:20			
9 13:41-15:01 12:19-12:48 09:14-09:36	15:09-16:07	15:26-16:20			
10 13:43-15:02 12:21-12:48 09:15-09:37	15:10-16:10	15:27-16:19			
11 15:20-15:26 13:43-15:02 12:22-12:47 09:16-09:37	15:10-16:12	15:28-16:18			
12 15:17-15:30 13:43-15:02 12:23-12:46 09:16-09:37	15:12-16:14	15:29-16:17	07:15-07:22		
13 15:16-15:33 13:44-15:04 12:26-12:46 09:18-09:37	15:13-16:16	15:31-16:15	07:13-07:24		
14 15:14-15:35 13:45-15:04 12:28-12:44 09:18-09:37	15:14-16:17	15:32-16:13	07:11-07:25		
15 15:13-15:36 13:46-15:04 12:32-12:40 09:19-09:37	15:15-16:18	15:34-16:11	07:09-07:26		
16 15:12-15:38 13:46-15:04 09:20-09:36	15:16-16:19	15:36-16:09	07:07-07:26		
17 15:11-15:39 13:47-15:04 09:21-09:35	15:18-16:20	15:39-16:06	07:07-07:26		
18 15:10-15:41 13:48-15:04 09:23-09:34	15:22-16:21	15:43-16:02	07:06-07:26		
19 15:10-15:42 13:49-15:04 09:25-09:33	15:26-16:22		07:01-07:25		
20 15:09-15:43 13:50-15:04	15:26-16:23		06:59-07:25		
21 15:09-15:44 13:51-15:04	15:25-16:23		06:57-07:24		
22 15:08-15:46 13:52-15:04	15:24-16:24		06:55-07:22		
23 15:08-15:47 14:28-15:04 13:54-14:27	15:24-16:24		06:55-07:22		
24 15:08-15:48 14:29-15:03 13:56-14:26	15:23-16:24		06:54-07:20		
25 15:07-15:48 14:29-15:02 13:57-14:24	15:23-16:24		06:54-07:14		
26 15:07-15:49 14:31-15:02 13:59-14:23	15:23-16:24		06:53-07:14		
27 15:07-15:50 14:33-15:01 14:02-14:22	15:23-16:24		06:53-07:13		
28 15:06-15:50 14:34-14:59 14:05-14:18	15:23-16:24		06:54-07:13		
29 15:07-15:51 14:36-14:58			06:54-07:12		
30 15:07-15:52 14:39-14:57			06:54-07:11		
31 15:06-15:52 14:42-14:53					

Projekt: Differdange_NV_fin2		Licensed user: TÜV Rheinland Energy GmbH tre-service@de.tuv.com -			
		Dr. Kai Born / kai.born@de.tuv.com Calculated: 21.02.2020 16:17/3.3.274			
SHADOW - Flicker curtailment calendar Calculation: N149-125 curtailmenWTG: 2 - WEA 2 - N149-125 Flicker curtailment by stopping specific turbines					
July	August	September	October	November	December
1		16:09-16:55	14:39-15:39		15:02-15:09 13:25-14:45 12:04-12:29 08:58-09:19
2		16:07-16:56	14:39-15:36		13:25-14:45 12:03-12:30 08:58-09:20
3		16:05-16:56	14:38-15:32		13:25-14:46 12:03-12:32 08:58-09:21
4		16:04-16:57	14:37-15:26		13:25-14:46 12:02-12:33 08:58-09:21
5		16:02-16:57	14:37-15:23		13:25-14:46 12:01-12:34 08:58-09:21
6		16:01-16:58	14:37-15:23		13:26-14:47 12:02-12:36 08:59-09:22
7		16:00-16:57	14:36-15:24		13:27-14:47 12:02-12:37 08:59-09:23
8		15:59-16:58	14:37-15:23		13:27-14:47 12:01-12:37 09:00-09:23
9	07:10-07:12	15:58-16:57	14:37-15:23		13:27-14:47 12:01-12:38 09:00-09:23
10	07:07-07:17	15:57-16:58	14:38-15:23		13:27-14:48 12:01-12:39 09:00-09:23
11	07:05-07:18	15:57-16:58	14:38-15:24 14:14-14:25		13:28-14:48 12:01-12:40 09:01-09:24
12	07:03-07:19	15:56-16:57	14:38-15:23 14:10-14:28		13:28-14:48 12:01-12:40 09:01-09:24
13	07:03-07:20	15:56-16:58	14:39-15:23 14:08-14:30		13:29-14:49 12:02-12:41 09:02-09:25
14	07:01-07:20	15:55-16:57	14:39-15:23 14:07-14:32 13:38-13:51		13:29-14:49 12:02-12:42 09:02-09:25
15	07:00-07:20	15:55-16:57	14:39-15:22 14:06-14:34 13:35-13:55		13:30-14:50 12:02-12:43 09:03-09:26
16	07:01-07:21	15:55-16:57	14:40-15:22 14:04-14:35 13:32-13:56		13:30-14:50 12:03-12:43 09:03-09:26
17	07:00-07:20	15:55-16:56	14:41-15:22 14:03-14:36 13:31-13:58		13:30-14:50 12:03-12:43 09:04-09:27
18	07:00-07:23	15:55-16:55	14:42-15:22 14:03-14:37 13:30-14:00		13:31-14:51 12:03-12:44 09:04-09:27
19	07:00-07:26	15:55-16:55	14:42-15:21 14:02-14:38 13:28-14:01		13:32-14:51 12:04-12:45 09:05-09:28
20	07:00-07:27	15:55-16:54	14:43-15:21 13:27-14:39		13:31-14:51 12:04-12:45 09:05-09:28
21	07:01-07:28	15:56-16:53	14:45-15:20 13:27-14:40		13:32-14:52 12:05-12:46 09:06-09:28
22	07:02-07:29	15:56-16:53	14:45-15:19 13:26-14:40		13:32-14:52 12:05-12:46 09:06-09:28
23	07:03-07:28	15:54-16:51	14:47-15:19 13:26-14:41 09:02-09:10		13:33-14:53 12:06-12:47 09:07-09:30
24	07:05-07:29	15:51-16:51	14:47-15:18 13:26-14:42 09:01-09:12		13:34-14:53 12:06-12:47 09:07-09:30
25	07:09-07:29 16:28-16:43	14:48-15:50	14:49-15:17 13:25-14:42 08:59-09:13		13:34-14:54 12:06-12:47 09:08-09:31
26	07:10-07:29 16:23-16:48	14:45-15:48	14:51-15:17 13:25-14:43 08:59-09:15		13:35-14:55 12:07-12:48 09:08-09:31
27	07:09-07:28 16:19-16:50	14:44-15:47	14:52-15:16 13:25-14:43 12:11-12:19 08:58-09:13		13:35-14:55 12:08-12:48 09:08-09:31
28	07:10-07:26 16:15-16:51	14:43-15:46	14:54-15:15 13:25-14:44 12:08-12:23 08:58-09:13		13:35-14:56 12:08-12:49 09:09-09:32
29	07:12-07:26 16:13-16:53	14:42-15:45	14:56-15:13 13:25-14:44 12:06-12:26 08:58-09:13		13:36-14:56 12:09-12:49 09:09-09:32
30	07:13-07:24 16:10-16:53	14:40-15:42	14:59-15:12 13:25-14:45 12:05-12:28 08:58-09:13		13:36-14:56 12:09-12:49 09:09-09:33
31	07:15-07:22	14:40-15:41			13:37-14:57 12:10-12:49 09:10-09:33

Variante 2 – N149 NH 164 m Kalender pro WEA: Tägliche Abschaltzeiten

Project: Differdange_NV_fin2		Licensed user: TÜV Rheinland Energy GmbH tre-service@de.tuv.com - Dr. Kai Born / kai.born@de.tuv.com Calculated: 21.02.2020 16:11/3.3.274			
SHADOW - Flicker curtailment calendar Calculation: N149-164 curtailment WTG: 1 - WEA 1 - N149-164 Flicker curtailment by stopping specific turbines					
January	February	March	April	May	June
1 09:35-10:22	15:43-16:07 14:55-15:35 09:04-10:11	16:17-16:48	18:11-18:51		
2 09:35-10:23	15:41-16:08 14:54-15:35 09:03-10:11	16:17-16:48	18:10-18:51		
3 09:34-10:23	15:41-16:09 14:54-15:37 09:03-10:11	17:02-17:11 16:18-16:47	18:10-18:51		
4 09:33-10:23	15:40-16:10 14:53-15:37 09:02-10:10	16:58-17:15 16:19-16:46	18:10-18:51		
5 09:33-10:23	15:41-16:11 14:53-15:38 09:03-10:10	16:56-17:17 16:20-16:44	18:11-18:51		
6 09:33-10:24	15:40-16:11 14:52-15:38 09:02-10:08	16:53-17:17 16:21-16:42	18:11-18:50		
7 09:32-10:24	15:39-16:11 14:52-15:38 09:02-10:07	16:52-17:19 16:23-16:39	18:12-18:50		
8 09:32-10:25	15:40-16:12 14:52-15:39 09:02-10:06	16:51-17:19 16:27-16:36	18:13-18:49		
9 09:32-10:24	15:40-16:12 14:52-15:39 09:02-10:04 09:02-09:41	16:50-17:20	18:13-18:49		
10 09:32-10:25	14:52-16:12 09:44-10:01 09:02-09:41	16:49-17:21	18:14-18:48		
11 09:31-10:25	14:52-16:12 09:49-09:58 09:03-09:42	16:49-17:21	18:14-18:47		
12 09:31-10:25	14:53-16:12 09:03-09:41	16:48-17:21	18:15-18:45		
13 09:31-10:26	15:41-16:12 14:53-15:39 09:03-09:40	16:48-17:21	18:16-18:44		
14 09:31-10:25	15:41-16:11 14:53-15:39 09:03-09:40	16:47-17:20	18:18-18:42		
15 09:31-10:25	16:28-16:38 15:42-16:10 14:53-15:39 09:04-09:39	16:47-17:20	18:19-18:40		
16 09:30-10:25	16:25-16:41 15:42-16:09 14:53-15:38 09:04-09:38	16:48-17:19	18:22-18:38		
17 09:30-10:24	16:23-16:44 15:44-16:09 14:55-15:38 09:06-09:38	16:48-17:19	18:26-18:33		
18 09:30-10:24	16:22-16:46 15:46-16:07 14:56-15:38 09:07-09:36	16:49-17:18			
19 09:30-10:23	16:20-16:47 15:48-16:05 14:56-15:37 09:08-09:34	16:50-17:17			
20 09:30-10:22	16:19-16:48 15:51-16:03 14:57-15:36 09:10-09:32	17:28-17:35 16:50-17:14			
21 09:30-10:21	16:18-16:48 14:59-15:35 09:12-09:30	17:23-17:40 16:52-17:13			
22 15:10-15:14 09:30-10:20	16:18-16:49 15:00-15:33 09:16-09:25	17:21-17:42 16:54-17:10			
23 15:05-15:20 10:11-10:16 09:31-10:10 09:17-09:21	16:17-16:49 15:02-15:31	17:19-17:44 16:57-17:07			
24 15:03-15:23 09:31-10:11 09:13-09:26	16:17-16:49 15:04-15:29	17:17-17:45			
25 15:01-15:24 09:30-10:11 09:10-09:28	16:16-16:49 15:07-15:26	17:16-17:47			
26 14:59-15:26 09:31-10:11 09:09-09:30	16:16-16:49 15:13-15:21	17:14-17:46			
27 14:59-15:29 09:08-10:12	16:16-16:49	17:13-17:48			
28 15:48-15:58 14:57-15:29 09:07-10:12	16:16-16:49	17:12-17:49			
29 15:46-16:01 14:56-15:31 09:05-10:12		18:12-18:50			
30 15:45-16:04 14:56-15:33 09:05-10:12		18:11-18:51			
31 15:43-16:05 14:55-15:33 09:04-10:11		18:11-18:51			

Project: Differdange_NV_fin2		Licensed user: TÜV Rheinland Energy GmbH tre-service@de.tuv.com - Dr. Kai Born / kai.born@de.tuv.com Calculated: 21.02.2020 16:11/3.3.274			
SHADOW - Flicker curtailment calendar Calculation: N149-164 curtailment WTG: 1 - WEA 1 - N149-164 Flicker curtailment by stopping specific turbines					
July	August	September	October	November	December
1		18:13-18:46	17:27-18:00	14:21-15:42 09:13-09:31 08:32-09:11	09:13-10:07
2		18:12-18:46	17:27-18:00	14:22-15:42 08:32-09:34	09:14-10:08
3		18:11-18:47	17:27-17:59	15:09-15:41 14:21-15:08 08:32-09:36	09:16-10:09
4		18:10-18:46	17:27-17:58	15:09-15:41 14:22-15:08 08:31-09:37	09:16-10:09
5		18:08-18:46	17:27-17:57	15:10-15:41 14:22-15:08 08:32-09:38	09:17-10:09
6		18:07-18:46	17:28-17:56 17:02-17:15	15:10-15:41 14:23-15:08 08:32-09:39	09:19-10:10
7		18:06-18:46	17:28-17:54 16:58-17:17	15:11-15:40 14:24-15:08 08:33-09:41	09:20-10:11
8		18:05-18:46	17:30-17:53 16:56-17:19	15:11-15:39 14:23-15:06 08:33-09:41	09:21-10:11
9		18:04-18:45	17:31-17:50 16:54-17:19	15:12-15:38 14:24-15:06 08:34-09:42	09:22-10:11
10		18:03-18:44	17:34-17:47 16:53-17:20	15:14-15:38 14:25-15:06 08:35-09:42	09:23-10:12
11		18:03-18:44	16:52-17:21	15:15-15:37 14:27-15:05 08:36-09:43	09:25-10:12
12		18:02-18:42	16:50-17:22	15:16-15:35 14:27-15:04 08:36-09:43	09:40-10:12 09:25-09:39
13		18:02-18:42	16:50-17:22	15:18-15:33 14:28-15:03 08:37-09:43	09:41-10:13 09:28-09:39
14		18:02-18:40	16:48-17:21	15:21-15:31 14:30-15:02 08:39-09:44	09:41-10:13 09:29-09:38
15		18:02-18:39	16:48-17:21	14:32-15:01 08:41-09:45	09:42-10:14 09:31-09:38
16		18:02-18:37	16:48-17:22 15:42-15:56	14:32-14:59 09:04-09:44 08:42-09:03	09:43-10:15 09:33-09:37
17		18:02-18:35	16:48-17:21 15:37-15:59	14:35-14:59 09:04-09:45 08:44-09:02	09:43-10:15
18		18:03-18:34	16:48-17:21 15:35-16:01	14:37-14:57 09:05-09:45 08:47-09:00	09:43-10:15
19		18:03-18:32	16:48-17:20 15:33-16:03	14:39-14:54 09:45-09:50 09:05-09:44 08:51-08:58	09:44-10:16
20		18:05-18:31 17:45-17:52	16:48-17:19 15:30-16:04 09:45-09:57	14:45-14:49 09:05-09:55	09:44-10:16
21		18:06-18:28 17:40-17:51	16:49-17:18 16:25-16:29 15:29-16:05 09:42-10:00	09:06-09:57	09:45-10:17
22		18:08-18:26 17:38-17:54	16:50-17:18 16:20-16:34 15:27-16:06 09:40-10:00	09:06-09:58	09:45-10:17
23		18:11-18:22 17:35-17:51	16:50-17:16 16:17-16:36 15:26-16:06 09:37-10:00	09:07-10:00	09:46-10:18
24		17:34-18:00	16:52-17:15 16:15-16:37 15:25-16:07 09:36-10:00	09:08-10:02	09:46-10:18
25		17:32-18:00	15:53-16:13 15:14-15:39 14:24-15:08 08:35-09:08	09:08-10:02	09:47-10:19
26	18:28-18:37	17:31-18:01	15:56-16:11 15:13-15:40 14:24-15:09 08:35-09:09	09:09-10:04	09:47-10:19
27	18:23-18:40	17:29-18:01	15:59-16:06 15:11-15:40 14:22-15:08 08:33-09:09	09:10-10:04	09:48-10:20 09:39-09:40
28	18:20-18:41	17:28-18:00	15:11-15:41 14:22-15:09 08:33-09:09	09:11-10:05	09:48-10:20 09:37-09:43
29	18:18-18:43	17:29-18:01	15:10-15:41 14:22-15:09 08:33-09:10	09:11-10:06	09:48-10:20 09:36-09:45
30	18:16-18:44	17:27-18:00	15:09-15:41 14:21-15:08 08:32-09:11	09:13-10:07	09:49-10:21 09:36-09:46
31	18:14-18:44		14:21-15:41 09:16-09:27 08:31-09:10		09:49-10:21 09:35-09:48

Berechnung der Schattenwurf-Belastung für die geplanten Windenergieanlagen
der Firma Solarpower S.A. in Differdingen, Luxemburg,
Berichts-Nr. 936/21246682/A2

Seite 49 von 49

Project: Differdange_NV_fin2		Licensed user: TÜV Rheinland Energy GmbH tre-service@de.tuv.com -			
		Dr. Kai Born / kai.born@de.tuv.com Calculated: 21.02.2020 16:11/3.3.274			
SHADOW - Flicker curtailment calendar					
Calculation: N149-164 curtailmentWTG: 2 - WEA 2 - N149-164					
Flicker curtailment by stopping specific turbines					
January	February	March	April	May	June
1 13:07-14:48 12:07-12:54	13:53-15:40	15:18-16:13		06:56-07:16	
2 13:08-14:49 12:08-12:55	14:28-15:40 13:54-14:25	15:17-16:13		06:57-07:16	
3 13:09-14:50 12:09-12:55	14:30-15:41 13:56-14:24	15:17-16:14		06:57-07:14	
4 13:09-14:50 12:08-12:55	14:31-15:41 13:58-14:22	15:16-16:14		06:58-07:14	
5 13:10-14:51 12:09-12:56	14:59-15:42 14:33-14:58 14:02-14:20	15:16-16:15		06:59-07:12	
6 13:11-14:53 12:10-12:56	14:58-15:42 14:35-14:56 14:06-14:16	15:15-16:14		07:00-07:10	
7 13:11-14:53 12:10-12:56	14:58-15:41 14:38-14:52	15:15-16:14		07:04-07:07	
8 13:12-14:54 12:11-12:57	14:59-15:50	15:14-16:14			
9 13:13-14:54 12:11-12:57	14:59-15:54	15:14-16:14			
10 13:14-14:56 12:12-12:57	14:59-15:57	15:15-16:14			
11 13:15-14:56 12:13-12:57	14:59-15:59	15:15-16:14			
12 13:16-14:57 12:13-12:57	15:01-16:01	15:15-16:13			
13 13:18-14:58 12:14-12:58	15:01-16:03	15:16-16:13			
14 13:19-14:58 12:15-12:57	15:02-16:04	15:15-16:11	07:18-07:23		
15 13:20-14:59 12:16-12:57	15:02-16:05	15:16-16:11	07:15-07:26		
16 13:21-14:59 12:16-12:57	15:03-16:06	15:17-16:10	07:13-07:27		
17 13:42-15:00 13:23-13:41 12:17-12:57	15:04-16:06	15:18-16:09	07:11-07:28		
18 13:42-15:00 13:26-13:39 12:18-12:56	15:07-16:08	15:19-16:08	07:10-07:28		
19 15:13-15:18 13:42-15:01 13:30-13:36 12:19-12:56	15:09-16:09	15:20-16:07	07:10-07:28		
20 15:09-15:23 13:43-15:01 12:20-12:55	15:11-16:09	15:21-16:05	07:09-07:28		
21 15:07-15:25 13:43-15:02 12:22-12:55	15:14-16:09	15:23-16:04	07:09-07:28		
22 15:06-15:28 13:44-15:02 12:23-12:54	15:20-16:10	15:25-16:02	07:03-07:27		
23 15:05-15:30 13:45-15:03 12:25-12:53	15:19-16:10	15:27-16:00	07:01-07:28		
24 15:04-15:32 13:45-15:03 12:27-12:52	15:19-16:10	15:30-15:58	07:00-07:27		
25 13:45-15:32 12:29-12:49	15:19-16:10	15:33-15:55	06:58-07:25		
26 13:46-15:34 12:32-12:47	15:19-16:11	15:38-15:48	06:57-07:24		
27 13:47-15:35	15:19-16:11		06:57-07:21		
28 13:48-15:36	15:19-16:12		06:57-07:17		
29 13:49-15:37			06:56-07:17		
30 13:50-15:38			06:56-07:16		
31 13:51-15:38					

Project: Differdange_NV_fin2		Licensed user: TÜV Rheinland Energy GmbH tre-service@de.tuv.com -			
		Dr. Kai Born / kai.born@de.tuv.com Calculated: 21.02.2020 16:11/3.3.274			
SHADOW - Flicker curtailment calendar					
Calculation: N149-164 curtailmentWTG: 2 - WEA 2 - N149-164					
Flicker curtailment by stopping specific turbines					
July	August	September	October	November	December
1			15:54-16:52	14:29-15:26	12:57-14:38 11:55-12:39
2			15:54-16:52	14:29-15:23	12:56-14:38 11:55-12:39
3			15:53-16:52	14:28-15:18 14:13-14:17	12:57-14:39 11:55-12:41
4			15:52-16:52	14:28-15:11 14:07-14:23	12:57-14:38 11:55-12:41
5			15:51-16:51	14:28-15:11 14:05-14:26 13:35-13:46	12:56-14:38 11:55-12:41
6	07:12-07:18		15:51-16:51	14:29-15:12 14:03-14:28 13:31-13:51	12:57-14:39 11:56-12:42
7	07:10-07:21		15:51-16:50	14:01-15:12 13:29-13:53	12:57-14:39 11:56-12:43
8	07:08-07:22		15:51-16:50	13:59-15:11 13:26-13:54	12:57-14:38 11:56-12:43
9	07:07-07:23		15:50-16:48	13:59-15:11 13:25-13:56	12:57-14:38 11:57-12:43
10	07:06-07:24		15:51-16:48	13:24-15:10	12:57-14:38 11:57-12:44
11	07:05-07:24		15:51-16:48	13:23-15:10	12:57-14:38 11:57-12:44
12	07:04-07:24		15:51-16:46	13:21-15:09	12:58-14:38 11:58-12:45
13	07:05-07:25		15:52-16:46	13:21-15:09	12:58-14:39 11:58-12:45
14	07:04-07:24		15:51-16:44	13:20-15:09	12:59-14:39 11:59-12:46
15	07:04-07:25		15:51-16:43	13:20-15:07	14:12-14:39 12:59-14:11 11:59-12:46
16	07:04-07:30		15:51-16:42	13:19-15:07 12:05-12:20	14:13-14:40 13:00-14:12 12:00-12:47
17	07:04-07:31	16:29-16:34	15:50-16:41	13:19-15:06 12:03-12:23	14:13-14:39 12:59-14:11 12:00-12:47
18	07:05-07:32	16:22-16:41	15:51-16:41	14:38-15:06 13:19-14:37 12:01-12:26	14:13-14:40 13:00-14:12 12:00-12:48
19	07:06-07:33	16:17-16:44	15:51-16:41	14:39-15:04 13:19-14:37 11:59-12:27	14:14-14:40 13:01-14:13 12:01-12:48
20	07:06-07:32	16:14-16:46	15:49-16:40	14:41-15:03 13:19-14:37 11:58-12:29	14:14-14:40 13:01-14:13 12:01-12:48
21	07:09-07:33	16:11-16:47	15:44-16:40	14:43-15:01 13:19-14:38 11:58-12:31	14:15-14:41 13:02-14:13 12:02-12:49
22	07:13-07:33	16:09-16:49	15:41-16:39	14:45-14:59 13:19-14:37 11:56-12:31	14:15-14:41 13:02-14:13 12:02-12:49
23	07:13-07:32	16:06-16:49	15:38-16:38	14:49-14:56 13:19-14:38 13:08-13:13 11:56-12:33	14:16-14:42 13:03-14:15 12:03-12:50
24	07:13-07:32	16:04-16:51	15:36-16:37	13:20-14:38 13:04-13:17 11:56-12:34	14:16-14:42 13:03-14:15 12:03-12:50
25	07:13-07:31	16:02-16:51	14:35-15:37	13:20-14:38 13:01-13:19 11:55-12:35	14:16-14:43 13:03-14:15 12:03-12:50
26	07:14-07:31	16:01-16:52	14:33-15:35	13:01-14:38 11:55-12:36	14:18-14:44 13:04-14:16 12:05-12:52
27	07:15-07:29	15:59-16:52	14:32-15:34	12:59-14:38 11:55-12:36	14:18-14:44 13:04-14:17 12:05-12:52
28	07:16-07:26	15:57-16:51	14:31-15:33	12:59-14:39 11:55-12:37	14:18-14:45 13:05-14:17 12:05-12:52
29	07:20-07:23	15:56-16:52	14:30-15:32	12:58-14:38 11:55-12:38	14:18-14:46 13:05-14:17 12:06-12:53
30		15:55-16:52	14:29-15:30	12:58-14:39 11:55-12:39	13:06-14:46 12:06-12:53
31			14:29-15:28		13:06-14:47 12:07-12:53