



**Berechnung
der Rotorschattenwurfdauer
für den Betrieb
von zwei Windenergieanlagen
am Standort Weselberg**

Bericht-Nr. 4498-20-S1

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz



Berechnung der Rotorschattenwurfdauer für den Betrieb von zwei Windenergieanlagen am Standort Weselberg

Bericht-Nr.: 4498-20-S1

Auftraggeber: ABO Wind AG
Unter den Eichen 7
65195 Wiesbaden

Auftragnehmer: IEL GmbH
Kirchdorfer Straße 26
26603 Aurich

Telefon: 04941 - 9558-0
E-Mail: mail@iel-gmbh.de

Bearbeiter: Ralf-Martin Marksfeldt
(Stellvertretender Leiter Rotorschattenwurf)

Prüfer: Alex Porjadinski (B.Eng.)
(Projektbearbeiter Rotorschattenwurf)

Textteil: 20 Seiten (inkl. Deckblätter)
Anhang: 48 Seiten (inkl. Deckblätter)
Externer Anhang: 160 Seiten (CD-ROM)

Datum: 15. April 2020

Auflistung der erstellten Berichte:

Berichts- nummer	Datum	Titel	Gegenstand / Inhaltliche Änderungen
4498-20-S1	15.04.2020	Rotorschattenwurf- berechnung	Erstgutachten für zwei geplante Windenergieanlagen

Hinweise:

Die vorliegende Ausarbeitung wurde nach bestem Wissen und Gewissen und dem aktuellen Stand der Technik unparteiisch erstellt.

Diese Ausarbeitung (Textteil und Anhang) darf nur in ihrer Gesamtheit und nur vom Auftraggeber zu dem in der Aufgabenstellung definierten Zweck verwendet werden. Eine auszugsweise Vervielfältigung und Veröffentlichung dieser Ausarbeitung ist nur mit schriftlicher Zustimmung der IEL GmbH erlaubt.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung und Aufgabenstellung	5
2.	Standortbeschreibung	6
3.	Kartenmaterial und Koordinaten-Bezugssystem	7
4.	Sonnenstandsberechnung, geometrische Hauptgrößen und Programmanforderungen	7
4.1	Blatttiefe und Schattenreichweite	8
4.2	Kappungswinkel	9
4.3	Geometrie für WEA und IP	9
4.4	Gewächshausmodus	10
4.5	Hindernisse	10
4.6	Berechnungsjahr	10
4.7	Schattenwurfdauer (worst-case-Szenario)	11
4.8	Modellgrenzen und Modellbeschreibung	11
5.	Windenergieanlagen	11
5.1	Geplante Windenergieanlagen (Zusatzbelastung)	12
5.2	Schattenminderungsmaßnahmen des geplanten Anlagentyps	12
5.3	Weitere Windenergieanlagen (Vorbelastung)	13
6.	Immissionspunkte	14
7.	Einschränkung der Schattenwurfdauer	15
8.	Orientierungswerte	16
9.	Berechnungsergebnisse und Beurteilung	16
9.1	Berechnungsergebnisse	17
9.2	Beurteilung	17
10.	Zusammenfassung	18
Anhang		20

1. Einleitung und Aufgabenstellung

Am Standort Weselberg ist die Errichtung und der Betrieb von zwei Windenergieanlagen (WEA 01 und WEA 02) vom Anlagentyp NORDEX N163/5.7 mit STE, einer Nabenhöhe von 164,0 m und einem Rotordurchmesser von 163,0 m geplant. Diese sollen in einem sogenannten Repowering drei bestehende WEA ersetzen.

Die vorliegende Untersuchung dient der Beantwortung der Frage nach den Zeitpunkten, der Dauer sowie der Zulässigkeit möglicher Beeinträchtigungen durch Rotorschattenwurf, die durch den Betrieb der drehenden Rotoren an maßgeblichen Immissionspunkten (IP) verursacht werden.

Der Betrieb von Windenergieanlagen kann in ihrer Umgebung Störwirkungen durch Geräusche, Lichtreflexionen oder direkten Schattenwurf des Rotors nach sich ziehen. Die Erfüllung der Anforderungen an den Lärmschutz wird üblicherweise gesondert nachgewiesen, während sich Lichtreflexionen, der sog. "Diskoeffekt", durch die Wahl einer matten Oberfläche der Rotorblätter weitgehend vermeiden lassen. Bestimmend dafür ist der Glanzgrad gemäß DIN EN ISO 2813¹.

Die hier näher zu untersuchenden Immissionen durch direkten Schattenwurf des Rotors können sich bei drehendem Rotor störend auswirken. Aus der Rotordrehzahl und der Anzahl der Rotorblätter einer Windenergieanlage ergibt sich die jeweilige Frequenz, mit der stark wechselnde Lichtverhältnisse im Schattenbereich der Rotorkreisfläche auftreten können. Die Frequenzen sind abhängig vom Windenergieanlagentyp. In der Regel handelt es sich bei vergleichbaren Anlagengrößen um niedrige Frequenzen im Bereich von etwa 0,2 - 0,6 Hz. Mit dieser Frequenz ändern sich für den Beobachter im Rotorschattenbereich die Lichtverhältnisse (hell/dunkel).

Anhand von Berechnungen lassen sich für definierte Immissionspunkte Aussagen über die möglichen Zeitpunkte treffen, an denen Rotorschattenwurf auftreten kann. Für die standortspezifischen Gegebenheiten an den Immissionspunkten wird in Tabellen aufgezeigt, wann diese Ereignisse auftreten können. Hieraus ergeben sich zunächst die astronomisch möglichen Zeiten für Rotorschattenwurf, für die jedoch ein wolkenfreier Himmel und die jeweils ungünstigste Rotorstellung vorausgesetzt wird. Tatsächlich werden die astronomisch möglichen Schattenwurfzeiten durch den Grad der Bewölkung und den windrichtungsabhängigen Azimutwinkel des Rotors deutlich reduziert.

Die astronomisch möglichen Schattenwurfzeiten werden zur Beurteilung herangezogen, indem sie Orientierungswerten für die tägliche und jährliche Dauer gegenübergestellt werden.

Die Berechnungen erfolgen mit dem Programm windPRO® Version 3.3.274. Die IEL GmbH ist ein durch die DAkkS (Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH) nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005⁶ akkreditiertes Prüflaboratorium. Die vorliegenden Berechnungen werden nach den LAI WEA-Schattenwurf-Hinweisen² vom 13.03.2002 erstellt.

2. Standortbeschreibung

Der Standort der geplanten Windenergieanlagen befindet sich in Rheinland-Pfalz, im Landkreis Südwestpfalz, auf dem Gebiet der Ortsgemeinde Weselberg. Die zwei geplanten Windenergieanlagen sollen südlich bis südwestlich der Ortschaft Weselberg errichtet werden.

Die nächstgelegene Bebauung befindet sich in den umliegenden Ortsteilen bzw. Ortschaften Hermersberg, Schauerberg, Harsberg, Zesenberg und Weselberg sowie im unbeplanten Außenbereich.

Am Standort befinden sich derzeit fünf Windenergieanlagen in Betrieb. Drei dieser Windenergieanlagen sollen rückgebaut werden und durch die zwei geplanten Windenergieanlagen ersetzt werden. Die weiteren fünf Windenergieanlagen (VB_04, VB_05, VB_10, VB_11 und VB_15) bleiben weiterhin in Betrieb und werden als Vorbelastung berücksichtigt. Im weiteren Umfeld befinden sich weitere 21 Windenergieanlagen in Betrieb und eine weitere Windenergieanlage in Planung (VB_25). Diese werden bei den Berechnungen ebenfalls als Vorbelastung berücksichtigt. Die Daten dieser Windenergieanlagen werden in Abschnitt 5.3 zusammengefasst. Die Lage der Windenergieanlagen ist der Übersichtskarte im Anhang zu entnehmen.

Die berücksichtigten Windenergieanlagen und die Immissionspunkte liegen auf Höhen zwischen ca. 365 m und 440 m ü. NN. Zur Berücksichtigung der Höhenunterschiede wird ein digitales Geländemodell (DGM25 / © Geobasis-DE / LVermGeoRP 2017) berücksichtigt.

In der nachfolgenden Karte ist das Untersuchungsgebiet mit den geplanten und den bestehenden bzw. von Dritten geplanten WEA dargestellt.

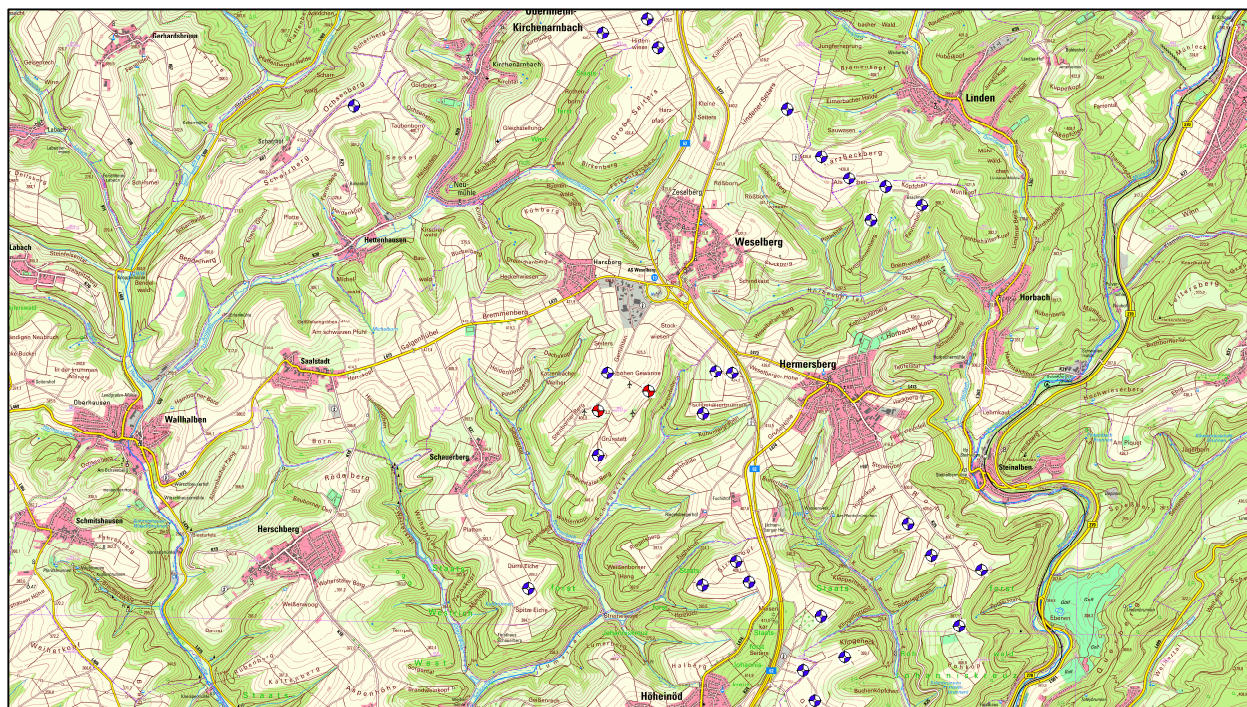


Abb. 1: Übersichtskarte (Weitere WEA = blau / Geplante WEA = rot)

Die Standortbegehung wurde im Februar 2020 durch Herrn Fricke (Mitarbeiter der IEL GmbH) durchgeführt. Für einen Teil der Immissionspunkte liegen Fotos vor; die Fotodokumentation dient hier lediglich internen Zwecken.

3. Kartenmaterial und Koordinaten-Bezugssystem

Die Koordinaten der geplanten, bestehenden sowie der von Dritten geplanten Windenergieanlagen wurden vom Auftraggeber im Koordinatensystem UTM WGS84 zur Verfügung gestellt.

Die Koordinaten der zu untersuchenden Immissionspunkte wurden aktuellem Kartenmaterial entnommen und mit Orthofotos abgeglichen. Eine detaillierte Beschreibung sowie die Auflistung der Koordinaten der untersuchten Immissionspunkte ist dem Abschnitt 6 zu entnehmen. Als Kartenmaterial diente die Topographische Karte (DE Rheinland-Pfalz Topo DTK25) sowie die OpenStreetMap (©OpenTopoMap (CC-BY-SA) (2019)).

4. Sonnenstandsberechnung, geometrische Hauptgrößen und Programmanforderungen

Der Planet Erde rotiert einmal am Tag um seine Eigenrotationsachse, welche rechtwinklig zur Äquatorebene steht. Zusätzlich bewegt sie sich, mit einer jährlichen Umkreisung, auf einer elliptischen Bahn um die Sonne. Die Aufgabenstellung erfordert die Bestimmung der Sonnenposition für einen erdfesten Beobachter zu einem gegebenem Datum und gegebener Uhrzeit. Die Sonnenposition für einen zukünftigen Zeitpunkt ist jedoch nicht exakt zu ermitteln. Alle derzeit bekannten Algorithmen zur Bestimmung von Sonnenpositionen sind, wie auch das hier verwendete Verfahren, lediglich Näherungsverfahren, die sich auf verschiedene interpolierte Funktionen stützen und periodisch wiederkehrende Zustände beschreiben. Zur Verdeutlichung seien folgende Sachverhalte kurz genannt.

Die Rotationsachse der Erde steht nicht rechtwinklig auf der Bewegungsebene zur Sonne, sondern schräg hierzu. Die daraus resultierende Schiefe der Ekliptik ist die Neigung der Erdrotationsachse bzw. der Winkel zwischen dem Himmelsäquator und der Ekliptik **e**. Sie beträgt ca. $23,5^\circ$. Für Beobachtungspunkte auf der Erde ergeben sich hieraus jahreszeitliche Änderungen des Winkels zwischen Himmelsäquator und Bewegungsebene zur Sonne. Diese Änderung durchläuft innerhalb eines Jahres die positiven und negativen Maximalwerte der Ekliptik ($-23,5^\circ$ bis $+23,5^\circ$) und wird als Deklination **d** bezeichnet. Die Deklination erreicht jeweils am 21. Juni ihren größten und am 21. Dezember ihren kleinsten Winkel. Diese Tage sind demnach der jeweils längste bzw. kürzeste Tag eines Jahres. Die Tage, an denen die Deklination 0° beträgt und sich eine Tagundnachtgleiche ergibt, werden Frühlings- und Herbstäquinox genannt.

Die Bewegungsabläufe der Erde werden durch die Gravitation des Mondtrabanten sowie anderer Planeten und der Sonne beeinflusst. Diese Einflüsse, wie auch die Präzession, Nutation und Aberration, wurden von Jean Meeus³ mathematisch beschrieben.

Diese Methode ist ein tragbarer Kompromiss zwischen der Genauigkeit des Ergebnisses und dem zu dessen Erreichung zu betreibenden Rechenaufwandes, insbesondere für Flächenmatrizen. Die Berechnung des Einstrahlwinkels h_s der Sonne gegenüber einer waagrecht ausgerichteten Fläche ergibt sich aus dem nachfolgend dargelegten formelmäßigen Zusammenhang:

$$\sin h = \sin d \cdot \sin f + \cos d \cdot \cos f \cdot \cos H \quad \text{mit:}$$

h	=	Höhenwinkel, positive Werte über und negative unter dem Horizont,
f	=	geographische Breite des Standortes,
d	=	Deklination zwischen Sonne u. Äquatorebene sowie
H	=	lokaler Stundenwinkel für die mittlere Ortszeit (MOZ).

Zur vollständigen Positionsbestimmung wird zusätzlich der Azimutwinkel A benötigt, welcher, gemessen am Horizont des Immissionspunktes, den Winkel zwischen geographisch Süd und Sonne wiedergibt (der auf geographisch Nord bezogene Azimutwinkel ergibt sich aus einer Korrektur um 180°).

$$\tan A = \sin H \cdot (\cos H \cdot \sin f - \tan d \cdot \cos f)^{-1}$$

Mit den Winkeln, die sich aus vorausgehenden Gleichungen ergeben, lassen sich aus den transformierten Koordinaten der WEA für definierte Immissionspunkte die Sonnenbahnen sowie deren Verdeckung durch die Fläche des Rotors ermitteln.

Die Sonne wird bei der Berechnung der Schattenwurfzeiten als Punktquelle betrachtet. Gegenüber einer Betrachtung mit der realen Sonnengeometrie resultiert jeweils für den Beginn und das Ende der Schattenwurfdauer im Mittel eine Zeitdifferenz von ca. 1 Minute und 4 Sekunden. Diese Zeiten werden vernachlässigt, da in ihnen nur maximal die Hälfte der Sonne von der schmalen Blattspitze verdeckt wird.

Die Ermittlung des Schattenwurfs für einen Immissionspunkt basiert auf den vertikalen und horizontalen Winkeln zwischen dem Immissionsort und den jeweiligen WEA, sowie dem vertikalen und horizontalen Winkel des Sonnenstandes zu einem bestimmten Kalenderzeitpunkt an einem bestimmten Ort. Die geometrischen Hauptgrößen werden nachfolgend dargestellt.

4.1 Blatttiefe und Schattenreichweite

Nachfolgend wird ein Berechnungsansatz dargestellt, mit dem die Schattenreichweite ermittelt wird. Sie ist als Entfernung definiert, in welcher der Schatten eines drehenden Rotors keine relevante Störung mehr liefert.

Der Rechenansatz geht von Leuchtdichteunterschieden und dem prozentualen Anteil der verdeckten Sonne aus. Dieser Anteil ergibt sich für einen Beobachtungspunkt aus der

Entfernung zur WEA und aus der Blatttiefe. Da die Blatttiefe nicht über den gesamten Flügel konstant ist, erfolgt der Rechenansatz wie üblich mit der mittleren Blatttiefe. Der LAI geht von einer 20%-Verdeckung für die Reichweitenbegrenzung² aus. Die maximale Blatttiefe, die Blatttiefe bei 90% Rotorradius sowie die daraus resultierende Schattenreichweite für den hier berücksichtigten WEA-Typ gehen aus der Tabelle 2 (Kap. 5.1, geplante WEA) und dem Hauptergebnis im Anhang hervor. Zur Ermittlung der 20%-Verdeckung wird folgende Formel verwendet:

$$0,2 \cdot SF = 2 \cdot \left(\left(\frac{2 \cdot \alpha \cdot SF}{360} \right) + (\cos(\alpha) \cdot \sin(\alpha) \cdot SR^2) \right)$$

mit:

SR = Sonnenradius (696.000 km),
 SF = Fläche der Sonnenscheibe $SR^2 \cdot \pi = 1.521.827.746.881 \text{ km}^2$ sowie
 α = Winkel zur Bestimmung des Flächenanteils.

4.2 Kappungswinkel

Für Sonnenstände unterhalb eines vertikalen Kappungswinkels von 3° über dem Horizont wirkt der Schatten nicht mehr als zu beurteilende Immission, da dann die Durchdringung der atmosphärischen Schichten eine höhere Streuung und Absorption bewirkt und den Rotorschatten dadurch stark abschwächt. Durch den Kappungswinkel wird insofern die Schattenreichweite auch über den höchsten Rotorpunkt begrenzt. Der Kappungswinkel ist im Hauptergebnis dokumentiert.

4.3 Geometrie für WEA und IP

In den Tabellen 3 und 4 (Windenergieanlagen) sowie Tabelle 5 (Immissionspunkte) werden folgende Bezeichnungen verwendet:

h_s	= Nabenhöhe der WEA ü. Geländeoberkante (GOK),
$h_s \text{ grd}; h_i \text{ grd}$	= Höhe ü. NN für WEA - Fuß- bzw. Immissionspunkt,
$h_s \text{ abs}; h_i \text{ abs}$	= Höhe ü. NN für WEA - Nabe bzw. Immissionspunkt,
h_i	= Höhe des Immissionspunktes ü. GOK,
IP	= Immissionspunkt und
Dh	= Höhendifferenz zw. Nabenhöhe der WEA und dem IP.

Die Geometrie Größen sind in der nachfolgenden Abbildung veranschaulicht.

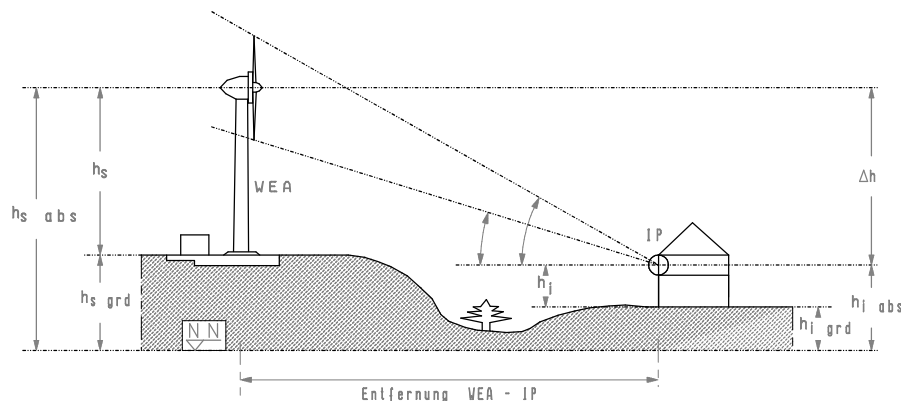


Abb. 2: Geometrische Verhältnisse, Vertikalschnitt

Bei der Ermittlung der Entfernungen zwischen den Immissionspunkten und den Windenergieanlagen bleibt der Abstand zwischen Rotorebene und Turmachse LAI-konform unberücksichtigt.

4.4 Gewächshausmodus

Bei den Berechnungen wird von frei eingestrahelten Immissionspunkten ausgegangen. Dies bedeutet, dass Verdeckungen durch Gebäudefronten am Immissionspunkt selbst, durch andere Gebäude und insbesondere durch Bewuchs unberücksichtigt bleiben.

Diese Betrachtungsweise wird auch als sog. Gewächshausmodus bezeichnet und wird allgemein als konservativ angesehen, weil die schützenswerten Immissionspunkte in der Realität meist nur zwei Seiten oder eine Seite mit Lichtöffnungen besitzen.

4.5 Hindernisse

Gem. LAI-Richtlinie dürfen dauerhafte natürliche und künstliche lichtundurchlässige Hindernisse, die den periodischen Schattenwurf von WEA begrenzen, berücksichtigt werden. Dies liegt in Ermessensspielraum der Genehmigungsbehörden. Üblicherweise wird, wie im vorliegenden Fall, auf die Berücksichtigung von schattenmindernden Hindernissen verzichtet.

4.6 Berechnungsjahr

Alle Zeitangaben werden für ein mittleres Kalenderjahr berechnet. Eine interne Vergleichsrechnung über die mittlere Lebensdauer einer WEA von 20 Jahren ergab lediglich eine Varianz von 1 Minute bezogen auf die Start- und Endzeiten des Schattenwurfes. Bezogen auf die Beschattungsdauer an einzelnen Immissionspunkten ergaben sich hierbei minimale Schwankungen von 1 Minute pro Tag und 6 Minuten pro Jahr. Grundlage ist die Mitteleuropäische Zeit (MEZ) für die Zeitzone +1 (Paris, Berlin). Hierbei wird von der Berechnungssoftware windPRO® die Umstellung auf die im Alltag verwendete Mitteleuropäische Sommerzeit (MESZ) berücksichtigt.

4.7 Schattenwurfdauer (worst-case-Szenario)

Für alle berechneten Werte der täglichen und jährlichen Schattenwurfdauer an einem IP (Std./Jahr; Min./Tag) gelten vorgenannte Randbedingungen. Es wird für die jeweils ermittelte Dauer üblicherweise angenommen, dass die Sonne ganzjährig von Sonnenauf- bis Sonnenuntergang scheint (astronomisch möglich, worst-case) und außer ggf. durch Geländekanten nicht abgeschirmt wird (vgl. Kap. 4.3). Für einen IP, der weiter von einer WEA liegt, wird die Immissionsdauer durch die genannte Einschränkung [siehe Kapitel 4.1 (RSRW) und 4.2 (3°-Kappung)] in sehr geringem Maße unterschätzt. Es wird für jeden Zeitpunkt angenommen, dass der Sonnen-Einstrahlwinkel und die Windrichtung in Bezug auf jede WEA und jeden IP übereinstimmen, was logischerweise nie gleichzeitig so sein kann. In dieser Betrachtungsweise erscheint jede WEA quasi als verschattende Kugel und nicht als Kreisfläche, die ggf. mit denen weiterer betrachteter WEA im Umfeld weitestgehend parallel stehen müssten. Dadurch wird die Schattenwurfdauer in nicht unerheblichem Maß überschätzt.

4.8 Modellgrenzen und Modellbeschreibung

Im vorliegenden Fall wird für die Geländestruktur im Umfeld der geplanten Windenergieanlagen ein digitales Geländemodell (DGM25 / © Geobasis-DE / LVerGeoRP 2017) verwendet.

Die Windenergieanlagen und die zu berücksichtigenden Immissionspunkte befinden sich auf einem Höhengniveau von ca. 365 m bis ca. 440 m ü. NN.

Modellgrenzen für die flächendeckenden Berechnungen (5,0 x 3,4 km)				
RW (UTM / WGS84 / Zone 32)	West:	395.550	Ost:	400.550
HW (UTM / WGS84 / Zone 32)	Süd:	5.462.569	Nord:	5.465.969

Tabelle 1: Modellgrenzen für die flächendeckende Darstellung (UTM / WGS84 / Zone 32)

5. Windenergieanlagen

Am Standort Weselberg plant der Auftraggeber die Errichtung und den Betrieb von zwei Windenergieanlagen (WEA 01 und WEA 02) des Anlagentyps NORDEX N163/5.7 mit STE und mit einer Nabenhöhe von 164,0 m, welche drei bestehende WEA in einem sogenannten Repowering ersetzen sollen. Diese Windenergieanlagen gelten als Zusatzbelastung (ZB) und sind in Kap. 5.1 näher beschrieben.

Die Dokumentation der als Vorbelastung (VB) geltenden Windenergieanlagen (VB_01 bis VB_27) wird in Kap. 5.3 beschrieben. Das Zusammenwirken der Vor- und Zusatzbelastung führt zur Gesamtbelastung (GB).

Die Lage der berücksichtigten Windenergieanlagen ist der Übersichtskarte im Anhang zu entnehmen.

5.1 Geplante Windenergieanlagen (Zusatzbelastung)

In Tabelle 2 sind die für die Schattenwurfberechnungen maßgeblichen technischen Angaben für den vom Auftraggeber geplanten Anlagentyp zusammengefasst.

Anlagentyp	Nabenhöhe [m]	Rotor- durch- messer [m]	Max. Blatttiefe [m]	Blatttiefe bei 90% Rotorradius [m]	Rotorschatten- reichweite (RSRW) [m]
NORDEX N163/5.7 STE	164,0	163,0	4,15	1,11	1.784

Tabelle 2: Technische Angaben zum geplanten Anlagentyp

Die Koordinaten und Abmessungen der vom Auftraggeber geplanten WEA sind der nachfolgenden Tabelle 3 zu entnehmen.

Geplante Windenergieanlagen (Zusatzbelastung)							
WEA-Nr.	Anlagentyp	UTM WGS84, Zone 32		h _s grd [m]	h _s [m]	h _s abs [m]	Rotor Æ [m]
		Rechtswert	Hochwert				
WEA 01	NORDEX N163/5.7 STE	397.763	5.463.983	412,0	164,0	576,0	163,0
WEA 02	NORDEX N163/5.7 STE	398.317	5.464.202	402,0	164,0	566,0	163,0

Tabelle 3: Daten der geplanten WEA, Koordinaten und Abmessungen

5.2 Schattenminderungsmaßnahmen des geplanten Anlagentyps

Es gibt grundsätzlich zwei unterschiedlich arbeitende Systeme am Markt. Zum einen gibt es Systeme, welche mit festen anlagenbezogenen Abschaltzeiten arbeiten. Hierfür wird vor Inbetriebnahme der geplanten Windenergieanlagen ein Abschaltzeitkalender erstellt. Dieser gibt für die betroffenen Windenergieanlagen die Einzeltage / Tagfolgen und die Uhrzeiten der erforderlichen Abschaltungen an. Dabei beziehen sich die Abschaltzeiten auf die worst-case-Beurteilung mit einem Orientierungswert von 30 Stunden pro Jahr (astronomisch möglich) und projektspezifisch auf einzelne bzw. alle geplanten Windenergieanlagen. Andere Systeme arbeiten mit dem kompletten Datensatz (alle Koordinaten der Windenergieanlagen und Immissionspunkte) und berechnen kontinuierlich, ob an den einzelnen Immissionspunkten Schattenwurf vorliegt. Sofern dies der Fall ist, wird je Immissionspunkt bis zum Erreichen des Orientierungswertes von realen 8 Stunden Schattenwurf pro Jahr der Betrieb der Anlage(n) aufrechterhalten, danach erfolgt bei Schattenwurf die Abschaltung. Der Betrieb von Anlagen, die mit diesem System arbeiten, ist i.d.R. zu protokollieren.

Der hier berücksichtigte Anlagentyp NORDEX N163 / 5.7 verwendet einen Datensatz mit Koordinaten der zu berücksichtigenden Windenergieanlagen und Immissionspunkte und errechnet selbsttätig die zu berücksichtigenden Abschaltzeiten. Eine technische Dokumentation des vom Hersteller verwendeten Schattenwurfmoduls ist dem Anhang zu entnehmen.

5.3 Weitere Windenergieanlagen (Vorbelastung)

Als Vorbelastung werden im vorliegenden Fall 27 weitere Windenergieanlagen berücksichtigt. Die Daten der zu berücksichtigenden Windenergieanlagen sind der nachfolgend aufgeführten Tabelle 4 zu entnehmen.

Weitere Windenergieanlagen (Vorbelastung)							
WEA-Nr.	Anlagentyp	UTM WGS, Zone 32		h _s grd [m]	h _s [m]	h _s abs [m]	Rotor Æ [m]
		Rechtswert	Hochwert				
VB_01 (H1)	VENSYS 112	395.086	5.467.324	404,4	140,0	544,4	112,0
VB_02	VESTAS V112 3000	397.813	5.468.124	433,2	140,0	573,2	112,0
VB_03	VESTAS V112 3000	398.302	5.468.274	438,9	140,0	578,9	112,0
VB_04	ENERCON E-82 E2 2,0 MW	397.866	5.464.403	415,6	138,4	554,0	82,0
VB_05	ENERCON E-82 E2 2,0 MW	397.763	5.463.504	389,1	138,4	527,5	82,0
VB_06	VESTAS V112 3000	398.421	5.467.957	434,9	140,0	574,9	112,0
VB_07	VESTAS V112 3000	399.835	5.467.289	427,6	140,0	567,6	112,0
VB_08	ENERCON E-82 E2 2,0 MW	400.465	5.461.296	389,0	108,4	497,4	82,0
VB_09	ENERCON E-82 E2 2,0 MW	400.138	5.460.811	394,0	108,4	502,4	82,0
VB_10	ENERCON E-48	399.053	5.464.419	414,6	75,6	490,2	48,0
VB_11	ENERCON E-48	399.232	5.464.402	424,0	75,6	499,6	48,0
VB_12 (HG 03)	VESTAS V112 3000	401.159	5.462.746	406,3	140,0	546,3	112,0
VB_13 (HG 04)	VESTAS V112 3000	401.414	5.462.400	403,5	140,0	543,5	112,0
VB_14 (HG 09)	VESTAS V112 3000	401.720	5.461.637	397,3	140,0	537,3	112,0
VB_15 (HG 10)	VESTAS V112 3000	398.913	5.463.954	391,0	140,0	531,0	112,0
VB_16 (HG 08.1)	VESTAS V112 3000	401.965	5.462.243	411,5	140,0	551,5	112,0
VB_17	ENERCON E-70 E4 2,0 MW	399.276	5.462.336	401,7	113,5	515,2	71,0
VB_18	ENERCON E-70 E4 2,0 MW	399.418	5.462.109	396,7	113,5	510,2	71,0
VB_19	ENERCON E-70 E4 2,0 MW	398.906	5.462.076	389,4	113,5	502,9	71,0
VB_20	ENERCON E-82 E2 2,0 MW	400.009	5.461.148	399,7	108,4	508,1	82,0
VB_21 (HÖH 01.1)	VESTAS V112 3000	400.206	5.461.740	390,7	140,0	530,7	112,0
VB_22 (HOR 1)	VESTAS V126 3300	400.752	5.466.073	393,7	137,0	530,7	126,0

WEA-Nr.	Anlagentyp	UTM WGS, Zone 32		h _s grd [m]	h _s [m]	h _s abs [m]	Rotor Æ [m]
		Rechtswert	Hochwert				
VB_23 (HOR 2)	VESTAS V126 3300	400.914	5.466.441	422,4	137,0	559,4	126,0
VB_24 (HOR 3)	VESTAS V126 3300	401.311	5.466.239	405,0	137,0	542,0	126,0
VB_25	VESTAS V150- 4.0/4.2 4200	396.999	5.462.040	384,9	123,0	507,9	150,0
VB_26	NORDEX N117 2400	400.209	5.466.768	428,4	91,0	519,4	116,8
VB_27	NORDEX N117 2400	400.514	5.466.533	431,2	91,0	522,2	116,8

Tabelle 4: Daten der bestehenden bzw. von Dritten geplanten WEA, Koordinaten (gerundet) und Abmessungen

6. Immissionspunkte

Die zu berücksichtigenden Immissionspunkte (IP) stellen die nächstgelegene schutzwürdige Nutzung dar, an denen Überschreitungen der Orientierungswerte nicht auszuschließen sind.

Laut den WEA-Schattenwurf-Hinweisen² vom Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) sind maßgebliche Immissionsorte u. a.:

- Wohnräume, einschließlich Wohndielen
- Schlafräume, einschließlich Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten und Bettenräume in Krankenhäusern und Sanatorien
- Unterrichtsräume in Schulen, Hochschulen und ähnlichen Einrichtungen
- Büroräume, Praxisräume, Arbeitsräume, Schulungs- und ähnliche Arbeitsräume
- Direkt an Gebäuden beginnende Außenflächen (z.B. Terrassen und Balkone) sind schutzwürdigen Räumen tagsüber zwischen 06:00 - 22:00 Uhr gleichgestellt.

Die Immissionspunkte IP 01 bis IP 14 wurden zur Vergleichbarkeit und ungeachtet ihrer Relevanz für den Rotorschattenwurf aus dem schalltechnischen Gutachten Bericht-Nr. 4498-20-L1 übernommen. Zusätzlich werden sieben weitere Immissionspunkte (IP 15 bis IP 21) exemplarisch und repräsentativ ausgewählt um der genehmigenden Behörde einen Überblick über die Rotorschattenwurfsituation zu ermöglichen. Die Lage der Immissionspunkte ist in der anliegenden Übersichtskarte sowie fünf Detailkarten dargestellt.

In der nachfolgenden Tabelle 5 sind die Bezeichnung und die Koordinaten zusammengefasst. Die vertikale Lage wurde entsprechend der örtlichen Gegebenheiten mit 2 m Höhe über Geländeoberkante (GOK) angesetzt.

IP-Nr.	Adresse	UTM WGS84, Zone 32		h _i grd [m]	h _i [m]	h _i abs [m]
		Rechtswert	Hochwert			
IP 01	Stockwiesenstraße 16	399.945	5.464.271	426,9	2,0	428,9
IP 02	Stockwiesenstraße 15	399.976	5.464.294	427,9	2,0	429,9
IP 03	In den Dorfwiesen 48	399.916	5.463.819	420,1	2,0	422,1
IP 04	Lichtenbergerhof 1	399.693	5.462.921	399,1	2,0	401,1
IP 05	Fuchshof	399.241	5.463.010	407,8	2,0	409,8
IP 06	Riegelsberger Hof	398.872	5.462.848	393,6	2,0	395,6
IP 07	neues Wohngebiet	396.389	5.462.950	368,0	2,0	370,0
IP 08	Friedhofstr. 2	396.264	5.463.160	381,9	2,0	383,9
IP 09	Siedlung Nr. 13	396.675	5.463.508	372,5	2,0	374,5
IP 10	Langenhof	397.018	5.464.999	417,7	2,0	419,7
IP 11	Hinter Walters	397.391	5.465.248	419,8	2,0	421,8
IP 12	Schulstraße 2	397.689	5.465.408	425,6	2,0	427,6
IP 13	Am Hexenpfad 16	398.823	5.465.210	412,2	2,0	414,2
IP 14	Stockbergstraße 19	399.294	5.465.644	413,1	2,0	415,1
IP 15	In den Dorfwiesen 36	399.993	5.463.931	421,3	2,0	423,3
IP 16	In den Dorfwiesen 66	400.048	5.463.817	409,9	2,0	411,9
IP 17	Hauptstraße 24	396.405	5.463.354	387,7	2,0	389,7
IP 18	Hauptstraße 9a	396.526	5.463.507	389,0	2,0	391,0
IP 19	Hauptstraße 1	396.436	5.463.646	394,1	2,0	396,1
IP 20	Zweibrücker Str. 25	397.515	5.465.233	422,5	2,0	424,5
IP 21	Rudolf-Diesel-Str. 13	398.109	5.464.934	425,0	2,0	427,0

Tabelle 5: Koordinaten der berücksichtigten Immissionspunkte

7. Einschränkung der Schattenwurfdauer

Die astronomisch mögliche Schattenwurfdauer (worst-case) wird nur unter der Voraussetzung erreicht, dass die Sonne nie durch Bewölkung verdeckt wird.

Steht der Rotor, bedingt durch die jeweils vorherrschende Windrichtung, schräg zum Einstrahlwinkel, so wird der Schattenbereich schmaler. Im statistischen Mittel führen diese Rotorschrägstellungen zu einer Reduzierung der Schattenwurfzeiten um ca. 20 - 30 %, wenn der in Bezug auf die Windrichtungsverteilung ungünstigste Immissionspunkt gewählt wird. Dieser Einfluss wird jedoch vernachlässigt und führt zu einer konservativen Betrachtung.

Beide Voraussetzungen werden in der Praxis jedoch nur in ca. 25 bis 35 % der astronomisch möglichen Schattenwurfzeiten erfüllt.

8. Orientierungswerte

Störwirkungen werden personenbezogen mehr oder weniger stark empfunden, weshalb Orientierungswerte auf einen normal empfindenden und der Störquelle gegenüber nicht negativ eingestellten Menschen abgestimmt sind.

Zur Bestimmung von tragbaren Immissionsgrenzen hat ein vom Staatlichen Umweltamt Schleswig initiiertes Arbeitskreis zu diesem Thema umfangreiche Studien durchgeführt. Dies geschah mit bundesweiter Beteiligung von Vertretern aus Fachbehörden (Genehmigungsbehörden, Umweltämtern und Ministerien), der Universität Kiel mit einer umfassenden Feld- und Laborstudie^{4, 5} sowie unter Mitwirkung einer Reihe von Sachverständigen (u. a. IEL GmbH) und Herstellervertretern. Dieses Zusammenwirken führte zur Grundlage der vom LAI erarbeiteten Empfehlungen, die von den Ländern zumeist unverändert so erlassen wurden.

Die hier herangezogenen Orientierungswerte von maximal **30 Stunden pro Jahr (worst-case)** (vgl. Kap. 4.7) bzw. von **maximal 30 Minuten pro Tag** entsprechen dem Stand der Technik und der Wissenschaft. Sie kommen gemäß der Empfehlung des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) bundesweit für die maßgeblichen Immissionsorte (vgl. Abschnitt 6) zur Anwendung.

Wird die Beurteilung oder werden behördliche Maßgaben für den Betrieb der Windenergieanlagen auf die real auftretende Rotorschattenwurfdauer abgestellt, so gilt zumeist ein zulässiger Orientierungswert von 8 Stunden Schattenwurf pro Jahr (real). Dies erschwert allerdings die Überprüfung ggf. zu fordernder Abschaltungen. Hinsichtlich der Einhaltung von Vorgaben sind in diesem Fall Betriebsprotokolle mit allen adäquaten Betriebsparametern vorzulegen.

9. Berechnungsergebnisse und Beurteilung

Die hier nachfolgenden Ergebnisse gelten für explizit gewählte und frei eingestrahelte Einzelpunkte (Gewächshausmodus), ganzjährig unbewölkten Himmel und die jeweils ungünstigste Rotorstellung (worst-case). Für größere Fensterfronten, die einem Raum zugeordnet sind, kann sich die Schattenwurfdauer u. U. erhöhen.

Die Berechnung für Punkte ist jedoch gängige Praxis, da nur so eine Vergleichbarkeit von Ergebnissen für Belastungen an unterschiedlichen Orten oder aus anderen Gutachten gegeben ist.

Die Koordinaten der untersuchten Immissionspunkte wurden mittels des vorliegenden Kartenmaterials ermittelt. Hierbei sind geringfügige Abweichungen von bis zu ca. 5 m zu erwarten, welche erfahrungsgemäß in den meisten Situationen keinen relevanten Einfluss auf die zu beurteilende Schattenwurfdauer haben, sondern hauptsächlich eine zeitliche Verschiebung der Schattenwurfereignisse bewirken. Diese liegt bei den gegebenen Abständen zwischen WEA und IP erfahrungsgemäß nicht über zwei bis drei Minuten.

9.1 Berechnungsergebnisse

Die Berechnungsergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle sowie in den Listen des Anhangs zusammengefasst. Bei der Überschreitung von Orientierungswerten sind die Ergebnisse jeweils fett gedruckt.

IP-Nr.	Adresse	Vorbelastung		Zusatzbelastung		Gesamtbelastung	
		Stunden pro Jahr [h:min/a]	Max. Std. pro Tag [h:min/d]	Stunden pro Jahr [h:min/a]	Max. Std. pro Tag [h:min/d]	Stunden pro Jahr [h:min/a]	Max. Std. pro Tag [h:min/d]
IP 01	Stockwiesenstraße 16	15:14	00:24	07:40	00:23	22:54	00:24
IP 02	Stockwiesenstraße 15	13:34	00:23	07:11	00:22	20:45	00:23
IP 03	In den Dorfwiesen 48	20:24	00:26	09:18	00:24	29:38	00:39
IP 04	Lichtenbergerhof 1	23:37	00:36	-/-	-/-	23:37	00:36
IP 05	Fuchshof	03:09	00:13	10:07	00:20	13:16	00:20
IP 06	Riegelsberger Hof	38:48	00:27	-/-	-/-	38:48	00:27
IP 07	neues Wohngebiet	19:34	00:27	-/-	-/-	19:34	00:27
IP 08	Friedhofstr. 2	03:15	00:13	16:25	00:24	19:40	00:24
IP 09	Siedlung Nr. 13	05:19	00:18	34:31	00:34	39:50	00:34
IP 10	Langenhof	07:12	00:19	31:47	00:30	37:43	00:39
IP 11	Hinter Walters	-/-	-/-	24:23	00:30	24:23	00:30
IP 12	Schulstraße 2	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
IP 13	Am Hexenpfad 16	07:34	00:16	10:23	00:21	17:57	00:21
IP 14	Stockbergstraße 19	06:52	00:20	-/-	-/-	06:52	00:20
IP 15	In den Dorfwiesen 36	29:07	00:24	07:52	00:22	36:59	00:24
IP 16	In den Dorfwiesen 66	24:40	00:23	08:00	00:22	32:40	00:34
IP 17	Hauptstraße 24	03:37	00:14	29:07	00:27	32:44	00:27
IP 18	Hauptstraße 9a	04:04	00:16	34:22	00:30	38:26	00:30
IP 19	Hauptstraße 1	03:21	00:14	17:18	00:28	20:39	00:28
IP 20	Zweibrücker Str. 25	-/-	-/-	17:40	00:29	17:40	00:29
IP 21	Rudolf-Diesel-Str. 13	24:50	00:43	10:36	00:28	35:26	01:11

Tabelle 6: Astronomisch mögliche Schattenwurfdauer

Detailliertere Ergebnisse der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung können den Listen des Anhangs bzw. dem externen Anhang (CD-ROM) entnommen werden. Im Anhang befinden sich auch 18 flächendeckende Darstellungen (Übersicht und Detailansichten) der Vor-, Zusatz- und der Gesamtbelastung mit Isolinien für die herangezogenen Orientierungswerte. Für nicht explizit betrachtete Einwirkorte kann der entsprechende Jahreswert (Stunden/Jahr) diesen Darstellungen grob entnommen werden.

9.2 Beurteilung

Zur Festsetzung der maximal zulässigen Rotorschattenwurfdauer bieten die vom LAI empfohlenen Beurteilungskriterien und Orientierungswerte von 30 Minuten/Tag und 30 Stunden/Jahr einen sinnvollen Rahmen.

Die Berechnungsergebnisse der Tabelle 6 zeigen, dass an den Immissionspunkten IP 04, IP 06 und IP 21 die zulässigen Orientierungswerte bereits durch die Vorbelastung

überschritten werden. Eventuelle Abschaltzeiten der als Vorbelastung berücksichtigten Windenergieanlagen sind der IEL GmbH nicht bekannt.

Bei einer Ausschöpfung bzw. Überschreitung der Orientierungswerte durch die Vorbelastung ist sicherzustellen, dass der Betrieb der neu geplanten Windenergieanlagen (Zusatzbelastung) zu keiner Erhöhung der Rotorschattenwurfdauer führt.

An den Immissionspunkten IP 03, IP 09 und IP 10 sowie IP 15 bis IP 18 werden die zulässigen Orientierungswerte durch die Zusatzbelastung überschritten bzw. die Vorbelastung so weit angehoben, dass die Orientierungswerte überschritten werden. An diesen Immissionspunkten ist die Zusatzbelastung so zu reduzieren, dass die Orientierungswerte (30 Minuten/Tag und 30 Stunden/Jahr worst-case bzw. 8 Stunden/Jahr real) eingehalten werden.

Der Auftragnehmer empfiehlt die Genehmigung mit der Maßgabe von Auflagen zu erteilen. Dabei ist für die geplanten WEA eine entsprechende technische Einrichtung bzw. ein Rotorschattenwurfmodul zur Einhaltung der Orientierungswerte vorzusehen.

Hinweis:

Die dargestellten Ergebnisse sowie die Beurteilung gelten ausschließlich für die hier betrachtete Anlagenkonfiguration. Sollten sich Änderungen hinsichtlich der zu berücksichtigenden Vorbelastung bzw. der zu beurteilenden Immissionspunkte ergeben, sind die ermittelten Ergebnisse nicht mehr gültig und es sind neue Berechnungen notwendig.

10. Zusammenfassung

Am Standort Weselberg ist die Errichtung und der Betrieb von zwei Windenergieanlagen (WEA 01 und WEA 02) vom Anlagentyp NORDEX N163/5.7 mit STE, einer Nabenhöhe von 164,0 m und einem Rotordurchmesser von 163,0 m geplant. Diese sollen in einem sogenannten Repowering drei bestehende WEA ersetzen.

Aufgabe des vorliegenden Berichts war die Untersuchung der Zeitpunkte, der Dauer sowie der Zulässigkeit möglicher Beeinträchtigungen durch Rotorschattenwurf (worst-case), welche durch den Betrieb der drehenden Rotoren an maßgeblichen Immissionspunkten (IP) verursacht werden.

Die Berechnungsergebnisse der Tabelle 6 zeigen, dass an den Immissionspunkten IP 04, IP 06 und IP 21 die zulässigen Orientierungswerte bereits durch die Vorbelastung überschritten werden. Eventuelle Abschaltzeiten der als Vorbelastung berücksichtigten Windenergieanlagen sind der IEL GmbH nicht bekannt.

Bei einer Ausschöpfung bzw. Überschreitung der Orientierungswerte durch die Vorbelastung ist sicherzustellen, dass der Betrieb der neu geplanten Windenergieanlagen (Zusatzbelastung) zu keiner Erhöhung der Rotorschattenwurfdauer führt.

An den Immissionspunkten IP 03, IP 09 und IP 10 sowie IP 15 bis IP 18 werden die zulässigen Orientierungswerte durch die Zusatzbelastung überschritten bzw. die Vorbelastung so weit angehoben, dass die Orientierungswerte überschritten werden. An diesen Immissionspunkten ist die Zusatzbelastung so zu reduzieren, dass die Orientierungswerte (30 Minuten/Tag und 30 Stunden/Jahr worst-case bzw. 8 Stunden/Jahr real) eingehalten werden.

Hinweis: Für den vorliegenden Bericht wurden exemplarisch 21 Immissionspunkte ausgewählt, welche der Genehmigungsbehörde einen Überblick über zu erwartende Rotorschattenwurfbelastungen ermöglichen sollen. Für eine Rotorschattenwurf-Regelung müssten alle von Überschreitungen der Richtwerte betroffenen Immissionspunkte berücksichtigt werden.

Aufgrund der Überschreitungen der Orientierungswerte wird empfohlen, die geplanten WEA mit einer entsprechenden technischen Einrichtung (sog. Abschaltmodul, vgl. Abschnitt 5.2) auszurüsten.

Je nach festgelegten Orientierungswerten (worst-case bzw. reale Schattenwurfdauer) und Spezifikation des Abschaltmoduls sind weitere Nachweise (Erstellung eines Abschaltzeitenkalenders vor Inbetriebnahme bzw. Betriebsprotokolle nach Inbetriebnahme) erforderlich.

Unter Berücksichtigung der vorgeschlagenen Vermeidungseinrichtung ist das Vorhaben aus gutachterlicher Sicht genehmigungsfähig.

Der vorliegende Bericht zur Rotorschattenwurfberechnung umfasst 20 Textseiten und die im Anhangsverzeichnis aufgeführten Karten, Diagramme und Listen. Er darf nur in seiner Gesamtheit verwendet werden.

Aurich, 15. April 2020

Bericht verfasst durch



Ralf-Martin Marksfeldt
(Stellvertretender Leiter Rotorschattenwurf)

Geprüft und freigegeben durch



Alex Porjadinski (B. Eng.)
(Projektbearbeiter Rotorschattenwurf)

Anhang

Übersichts- und Detailkarten (6 Seiten)
Windenergieanlagen und Immissionspunkte

Flächendeckende Darstellungen „Vorbelastung“ (6 Seiten)
„Astronomisch mögliche Rotorschattenwurfdauer“

Flächendeckende Darstellungen „Zusatzbelastung“ (6 Seiten)
„Astronomisch mögliche Rotorschattenwurfdauer“

Flächendeckende Darstellungen „Gesamtbelastung“ (6 Seiten)
„Astronomisch mögliche Rotorschattenwurfdauer“

Berechnungsergebnisse / Vorbelastung
Shadow - Hauptergebnis (3 Seiten)

Berechnungsergebnisse / Zusatzbelastung
Shadow - Hauptergebnis (2 Seiten)

Berechnungsergebnisse / Gesamtbelastung
Shadow - Hauptergebnis (3 Seiten)

Technische Beschreibung / NORDEX Windenergieanlagen
NORDEX Energy GmbH / Schattenwurfmodul (6 Seiten)

Literaturverzeichnis (1 Seite)

Externer Anhang / CD-ROM

Berechnungsergebnisse / Vorbelastung
Shadow - Kalender IP (31 Seiten)
Shadow - Kalender WEA (30 Seiten)

Berechnungsergebnisse / Zusatzbelastung
Shadow - Kalender IP (24 Seiten)
Shadow - Kalender WEA (4 Seiten)

Berechnungsergebnisse / Gesamtbelastung
Shadow - Kalender IP (37 Seiten)
Shadow - Kalender WEA (34 Seiten)



Übersichts- und Detailkarten

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz



BASIS - Karte
Berechnung: Übersichtskarte





BASIS - Karte

Berechnung: Detailkarte 1



Map data: © OpenStreetMap contributors, SRTM | map graphic: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)

0 50 100 150 200 m

Karte: OpenTopoMap.org, Maßstab 1:5.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 399.982 Nord: 5.464.041

Neue WEA Existierende WEA Schattenrezeptor



Map data: © OpenStreetMap contributors, SRTM | map graphic: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)

0 50 100 150 200 m

▲ Neue WEA
 ✱ Existierende WEA
 ● Schattenrezeptor

Karte: OpenTopoMap.org , Maßstab 1:5.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 399.368 Nord: 5.462.878

Projekt:
Weselberg

4498-20-S1

Beschreibung:
Immissionspunkte IP 04 bis IP 06

BASIS - Karte
Berechnung:
Detailkarte 2

Lizenzierter Anwender:
IEL GmbH
Kirchdorfer Straße 26
DE-26603 Aurich
+49 4941 9558 0
RMM / mail@iel-gmbh.de
Berechnet:
08.04.2020 10:28/3.3.274



**BASIS - Karte****Berechnung:** Detailkarte 3

Map data: © OpenStreetMap contributors, SRTM | map graphic: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)

0 50 100 150 200 m

Karte: OpenTopoMap.org , Maßstab 1:5.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 396.458 Nord: 5.463.313

Neue WEA

Existierende WEA

Schattenrezeptor



Projekt:
Weselberg

4498-20-S1

Beschreibung:
Immissionspunkte IP 10 bis
IP 12 sowie IP 20 und IP 21

BASIS -
Karte
Berechnung:
Detailkarte 4

Lizenzierter Anwender:
IEL GmbH
Kirchdorfer Straße 26
DE-26603 Aurich
+49 4941 9558 0
RMM / mail@iel-gmbh.de
Berechnet:
08.04.2020 10:48/3.3.274



Neue WEA

Existierende WEA

Schattenrezeptor

Karte: DE Rheinland-Pfalz Topo DTK25 , Maßstab 1:5.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 397.669 Nord: 5.465.087

0 50 100 150 200 m



Projekt:

Weselberg

4498-20-S1

Beschreibung:

Immissionspunkte IP 13 und IP 14

**BASIS -
Karte**

Berechnung:
Detailkarte 5

Lizenzierter Anwender:

IEL GmbH
Kirchdorfer Straße 26
DE-26603 Aurich
+49 4941 9558 0
RMM / mail@iel-gmbh.de

Berechnet: 08.04.2020 10:50/3.3.274



Neue WEA



Karte: OpenTopoMap.org , Maßstab 1:5.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 399.079 Nord: 5.465.419



Schattenrezeptor



Flächendeckende Darstellungen Vorbelastung

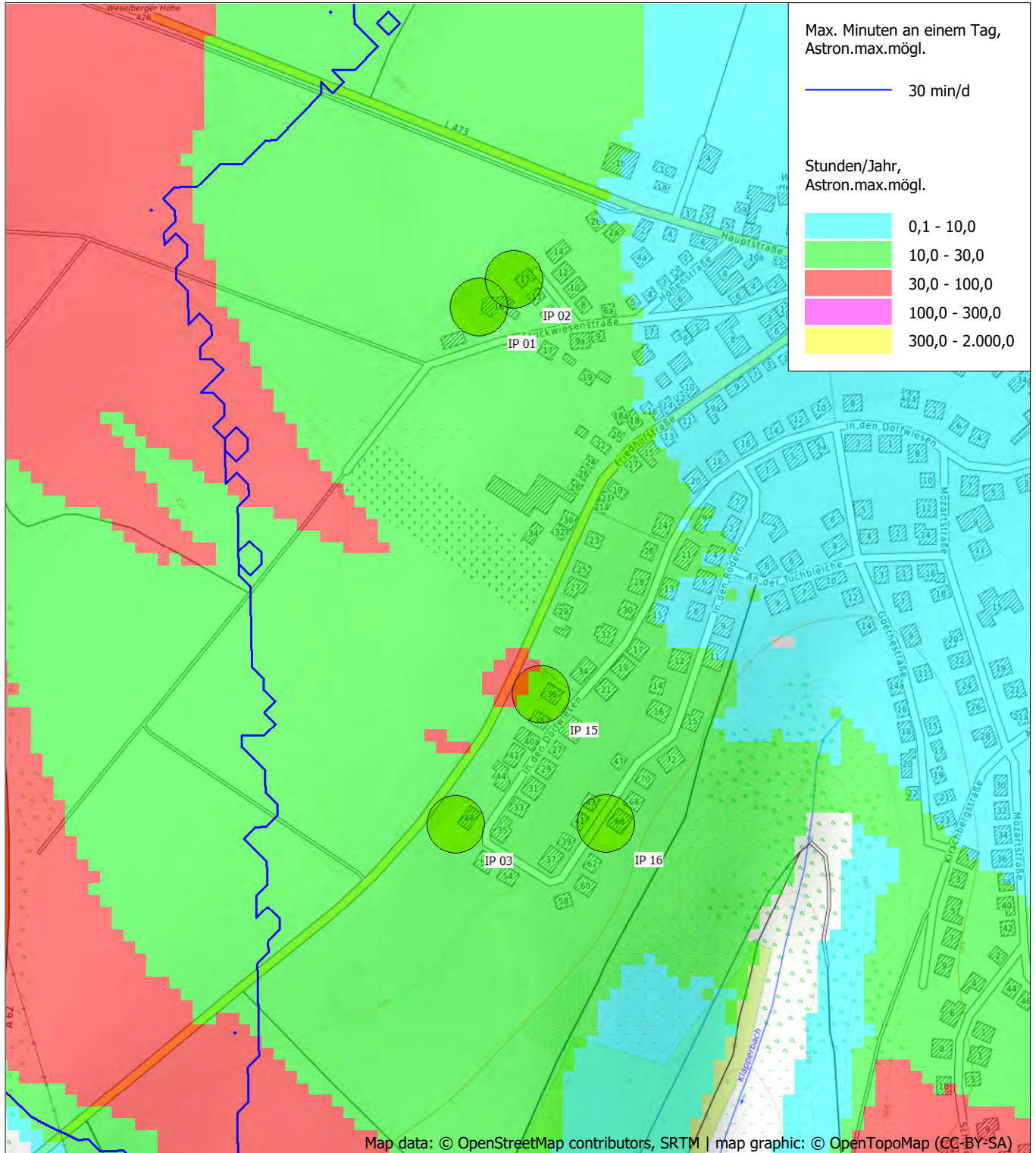
**„Astronomisch mögliche
Rotorschattenwurfdauer“**

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz



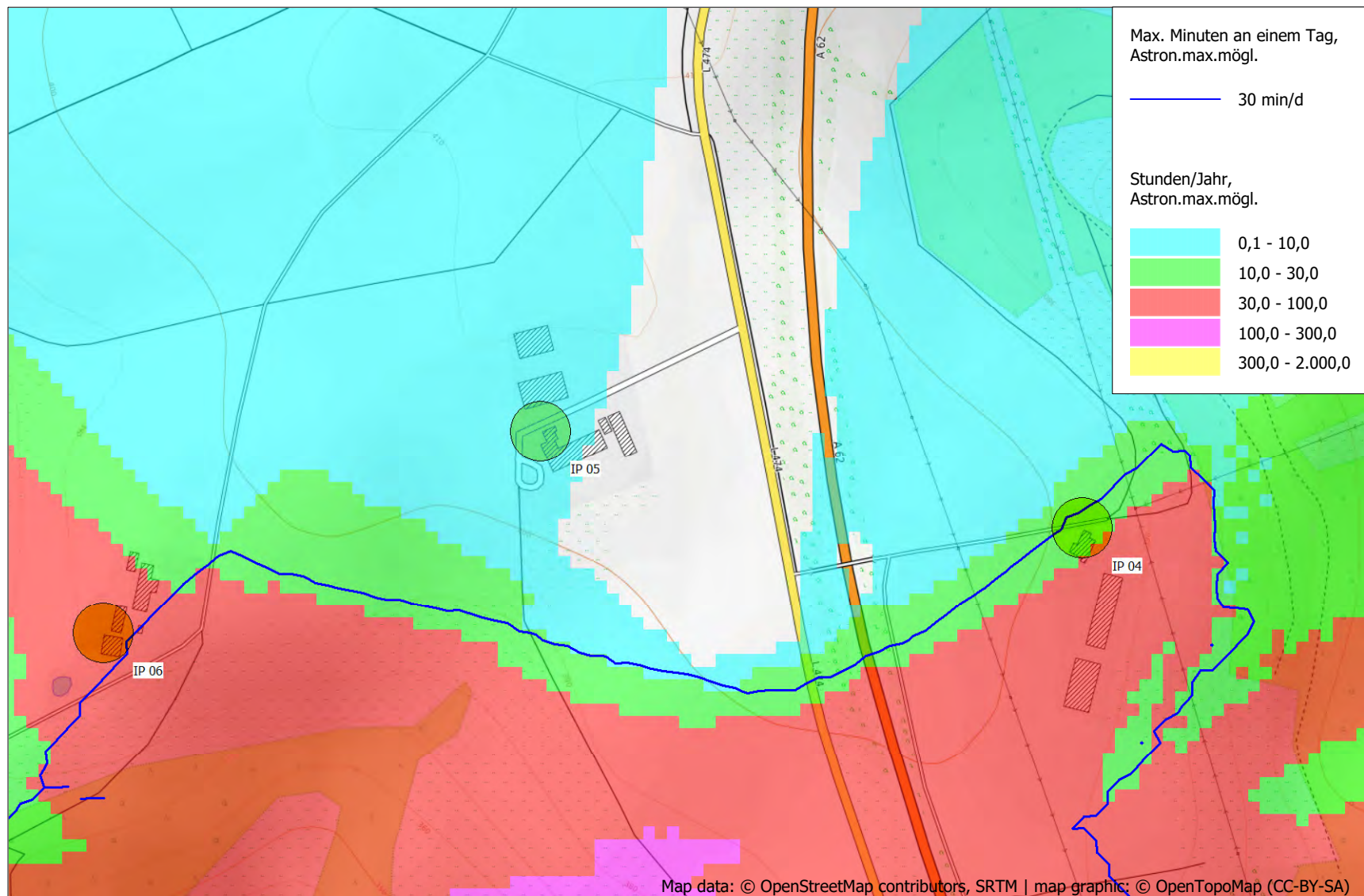
SHADOW - Karte

Berechnung: Vorbelastung FD D-1



0 50 100 150 200 m

* Existierende WEA Schattenrezeptor
Karte: OpenTopoMap.org , Maßstab 1:5.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 399.982 Nord: 5.464.041
Höhe der Schattenkarte: Höhenraster-Objekt: 4498-20-S1 Weselberg DGM Raster_EMDGrid_0.wpg (16)



Projekt:

Weselberg

4498-20-S1

Beschreibung:

Immissionspunkte IP 04 bis IP 06

**SHADOW -
Karte**

Berechnung:

Vorbelastung FD D-2

Lizenzierter Anwender:

IEL GmbH
Kirchdorfer Straße 26
DE-26603 Aurich
+49 4941 9558 0
RMM / mail@iel-gmbh.de
Berechnet:
08.04.2020 11:59/3.3.274



* Existierende WEA

☼ Schattenrezeptor

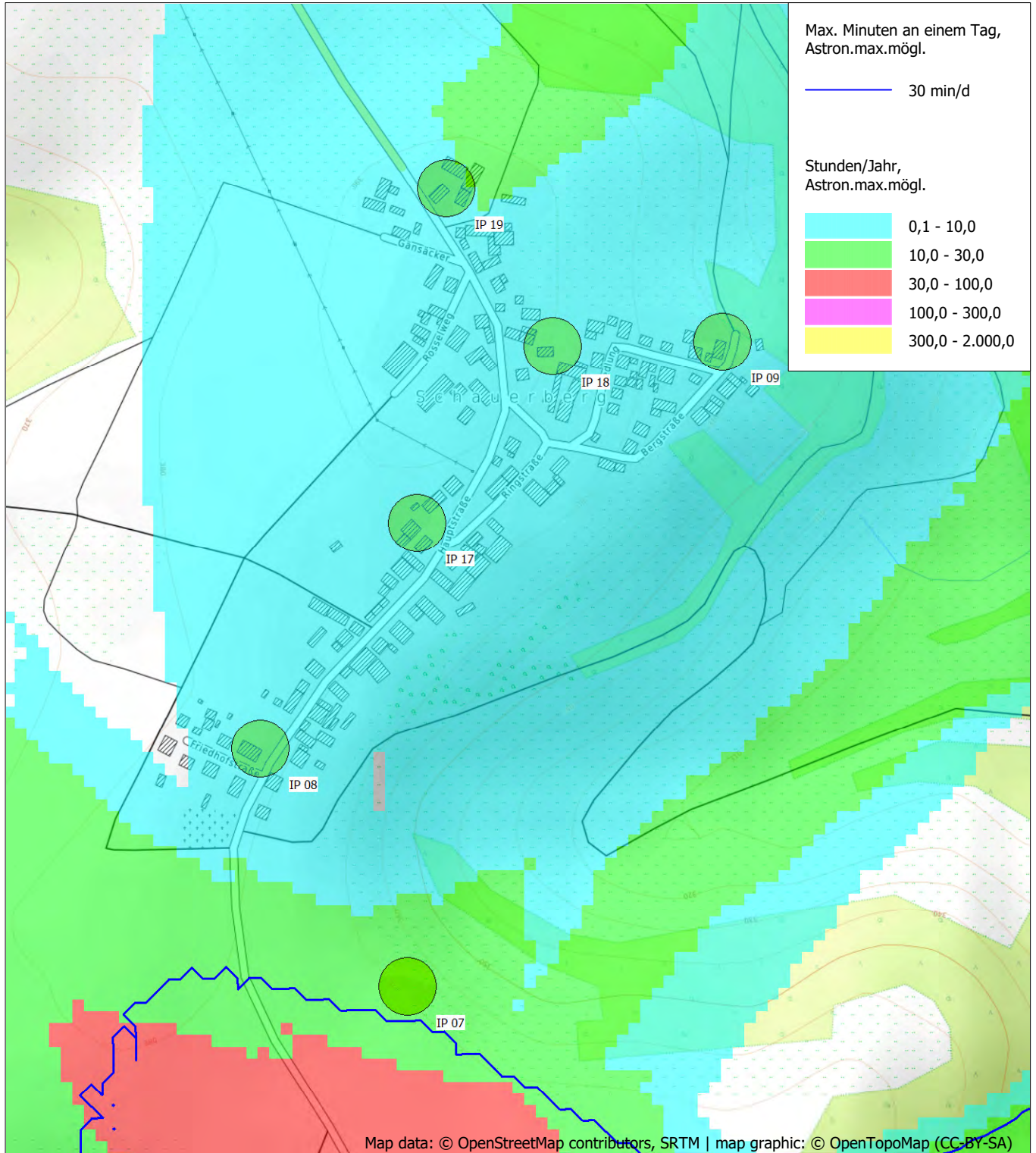
Karte: OpenTopoMap.org, Maßstab 1:5.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 399.368 Nord: 5.463.000

Höhe der Schattenkarte: Höhenraster-Objekt: 4498-20-S1 Weselberg DGM Raster_EMDGrid_0.wpg (16)



SHADOW - Karte

Berechnung: Vorbelastung FD D-3



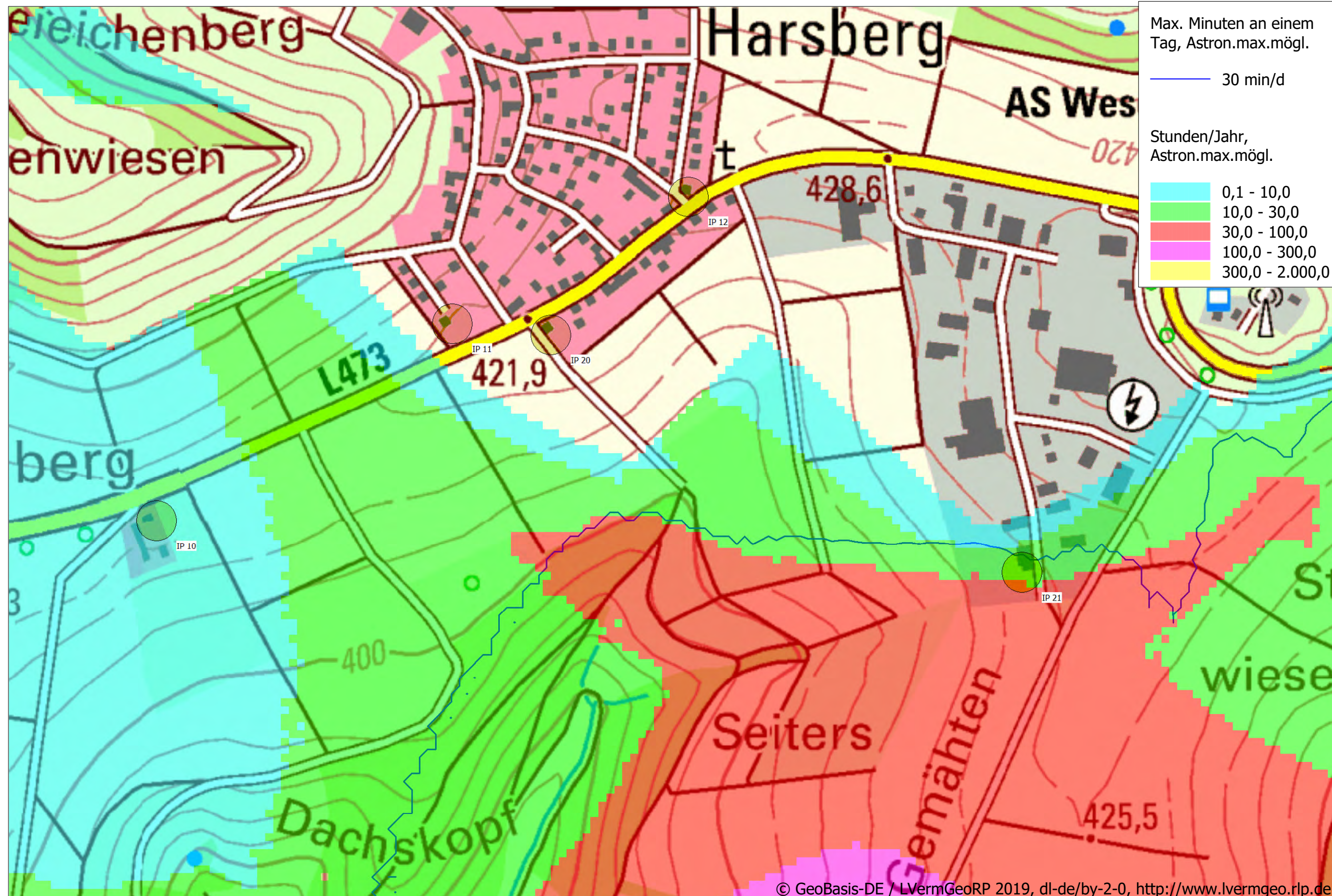
Map data: © OpenStreetMap contributors, SRTM | map graphic: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)

0 50 100 150 200 m

Karte: OpenTopoMap.org , Maßstab 1:5.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 396.500 Nord: 5.463.313

* Existierende WEA Schattenrezeptor

Höhe der Schattenkarte: Höhenraster-Objekt: 4498-20-S1 Weselberg DGM Raster_EMDGrid_0.wpg (16)



Projekt:
Weselberg

4498-20-S1

Beschreibung:
Immissionspunkte IP 10 bis
IP 12 sowie IP 20 und IP 21

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

— 30 min/d

Stunden/Jahr,
Astron.max.mögl.

0,1 - 10,0
10,0 - 30,0
30,0 - 100,0
100,0 - 300,0
300,0 - 2.000,0

**SHADOW -
Karte**

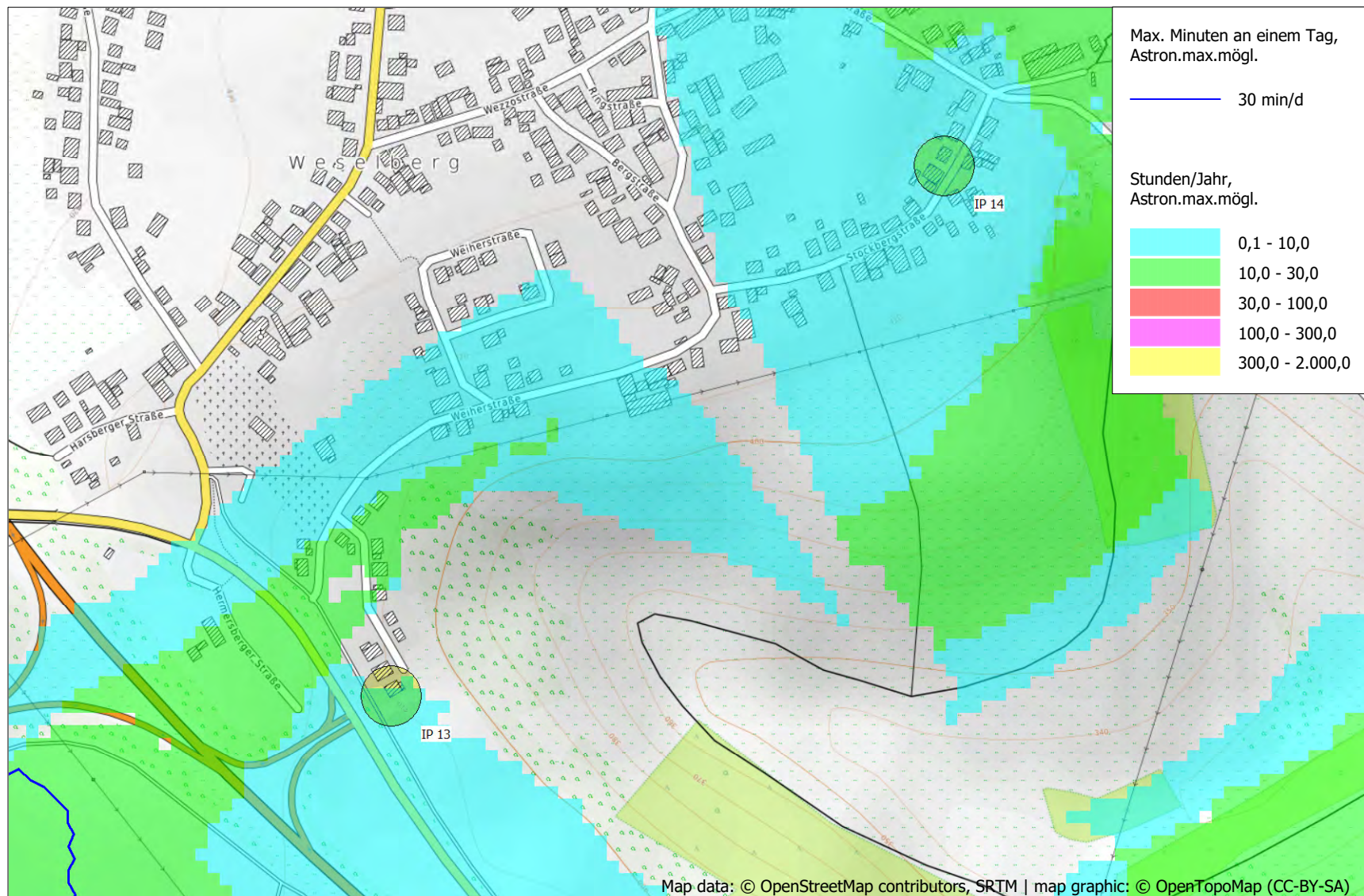
Berechnung:
Vorbelastung FD D-4

Lizenzierter Anwender:
IEL GmbH
Kirchdorfer Straße 26
DE-26603 Aurich
+49 4941 9558 0
RMM / mail@iel-gmbh.de
Berechnet:
08.04.2020 11:59/3.3.274



* Existierende WEA

Karte: DE Rheinland-Pfalz Topo DTK25 , Maßstab 1:5.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 397.669 Nord: 5.465.087
Höhe der Schattenkarte: Höhenraster-Objekt: 4498-20-S1 Weselberg DGM Raster_EMDGrid_0.wpg (16)



Projekt:

Weselberg

4498-20-S1

Beschreibung:

Immissionspunkte IP 13 und IP 14

14

SHADOW - Karte

Berechnung:

Vorbelastung FD D-5

Lizenzierter Anwender:

IEL GmbH

Kirchdorfer Straße 26

DE-26603 Aurich

+49 4941 9558 0

RMM / mail@iel-gmbh.de

Berechnet:

08.04.2020 11:59/3.3.274

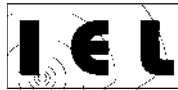


* Existierende WEA

☛ Schattenrezeptor

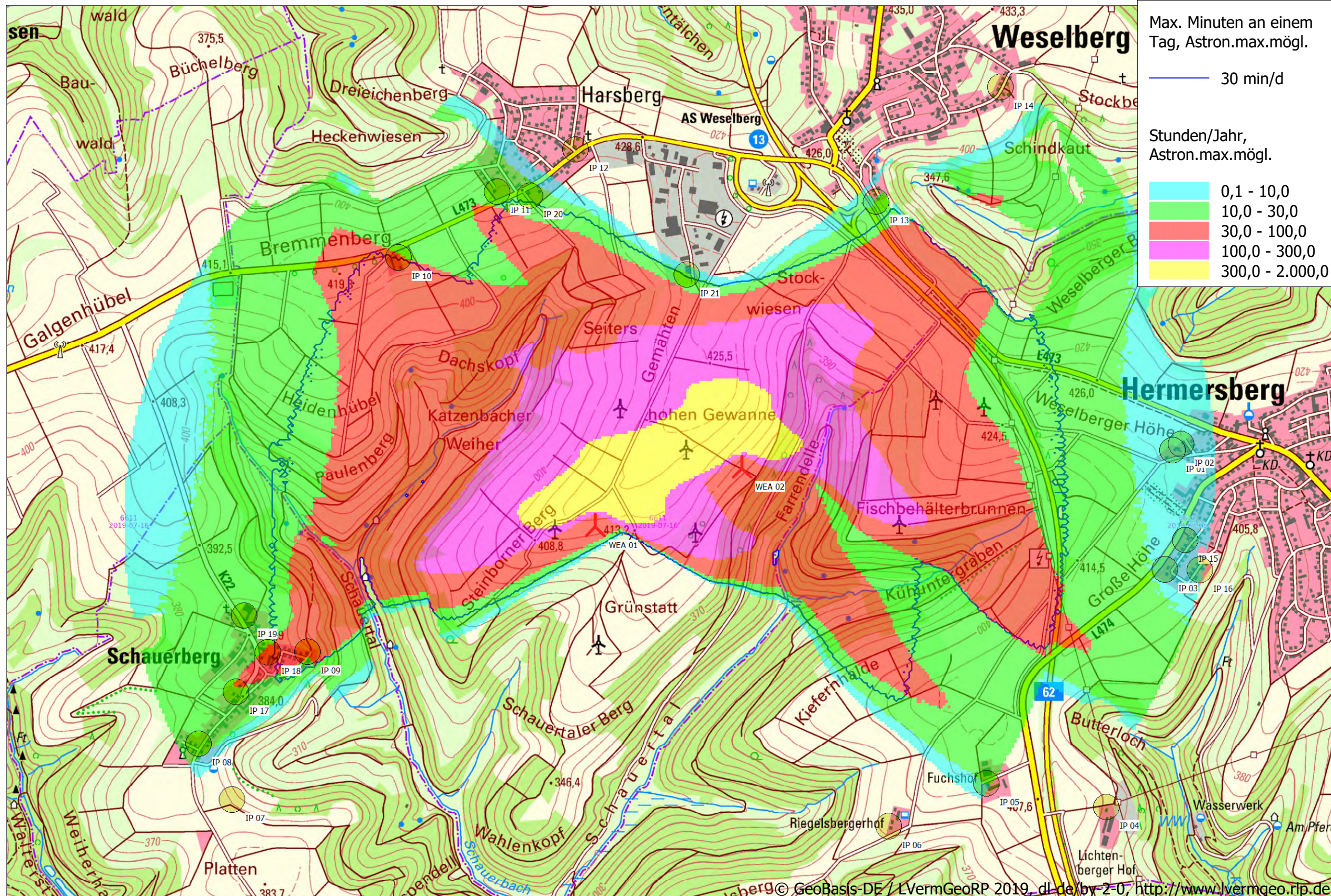
Karte: OpenTopoMap.org, Maßstab 1:5.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 399.079 Nord: 5.465.419

Höhe der Schattenkarte: Höhenraster-Objekt: 4498-20-S1 Weselberg DGM Raster_EMDGrid_0.wpg (16)



**Flächendeckende Darstellungen
Zusatzbelastung
„Astronomisch mögliche
Rotorschattenwurfdauer“**

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz



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

— 30 min/d

Stunden/Jahr, Astron.max.mögl.

0,1 - 10,0
10,0 - 30,0
30,0 - 100,0
100,0 - 300,0
300,0 - 2.000,0

Projekt:
Weselberg

4498-20-S1

SHADOW - Karte
Berechnung:
Zusatzbelastung FD

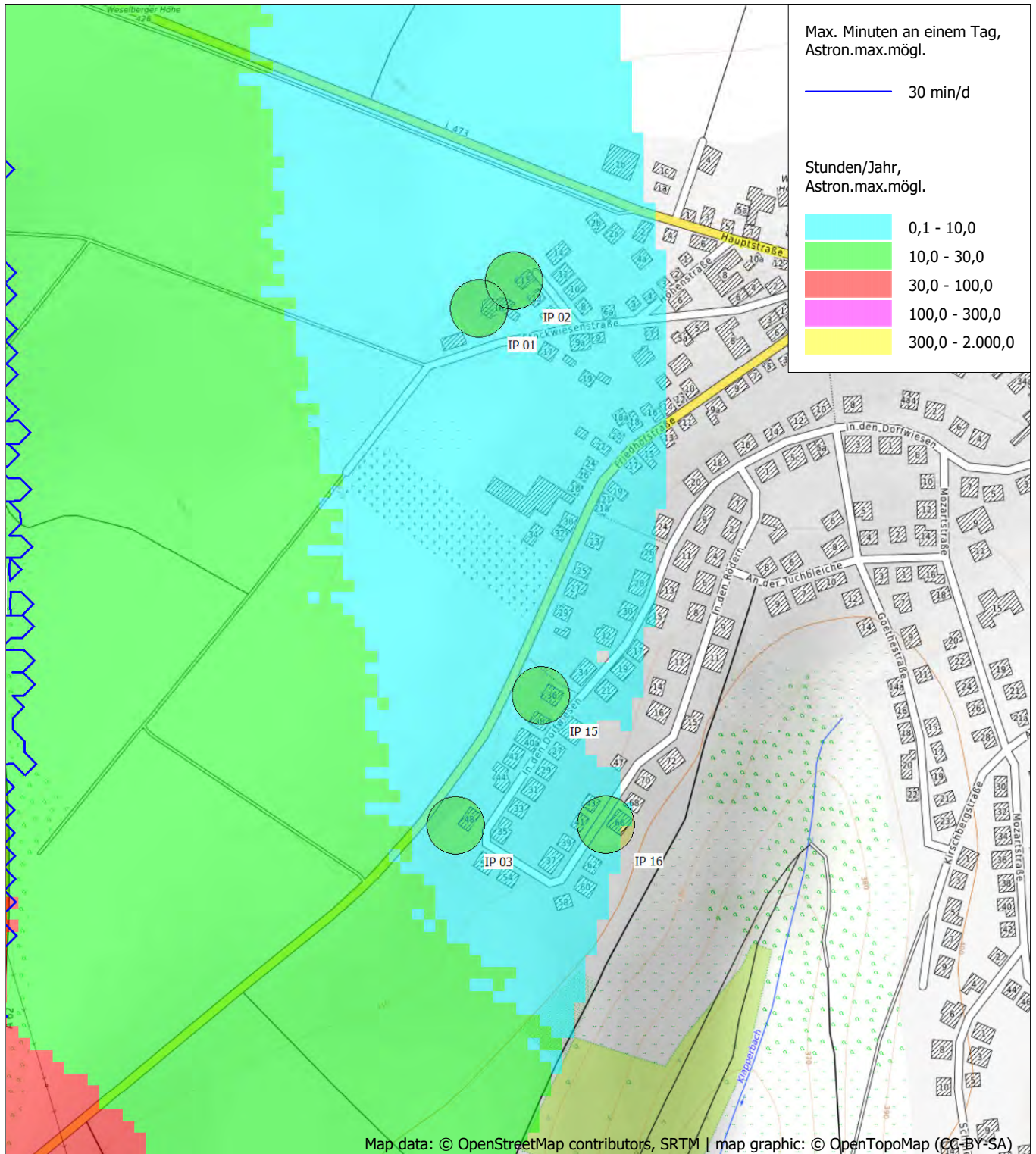
Lizenzierter Anwender:
IEL GmbH
Kirchdorfer Straße 26
DE-26603 Aurich
+49 4941 9558 0
RMM / mail@iel-gmbh.de
Berechnet:
08.04.2020 11:38/3.3.274

Karte: DE Rheinland-Pfalz Topo DTK25 , Maßstab 1:15.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 398.050 Nord: 5.464.269
Höhe der Schattenkarte: Höhenraster-Objekt: 4498-20-S1 Weselberg DGM Raster_EMDGrid_0.wpg (16)



SHADOW - Karte

Berechnung: Zusatzbelastung FD D-1



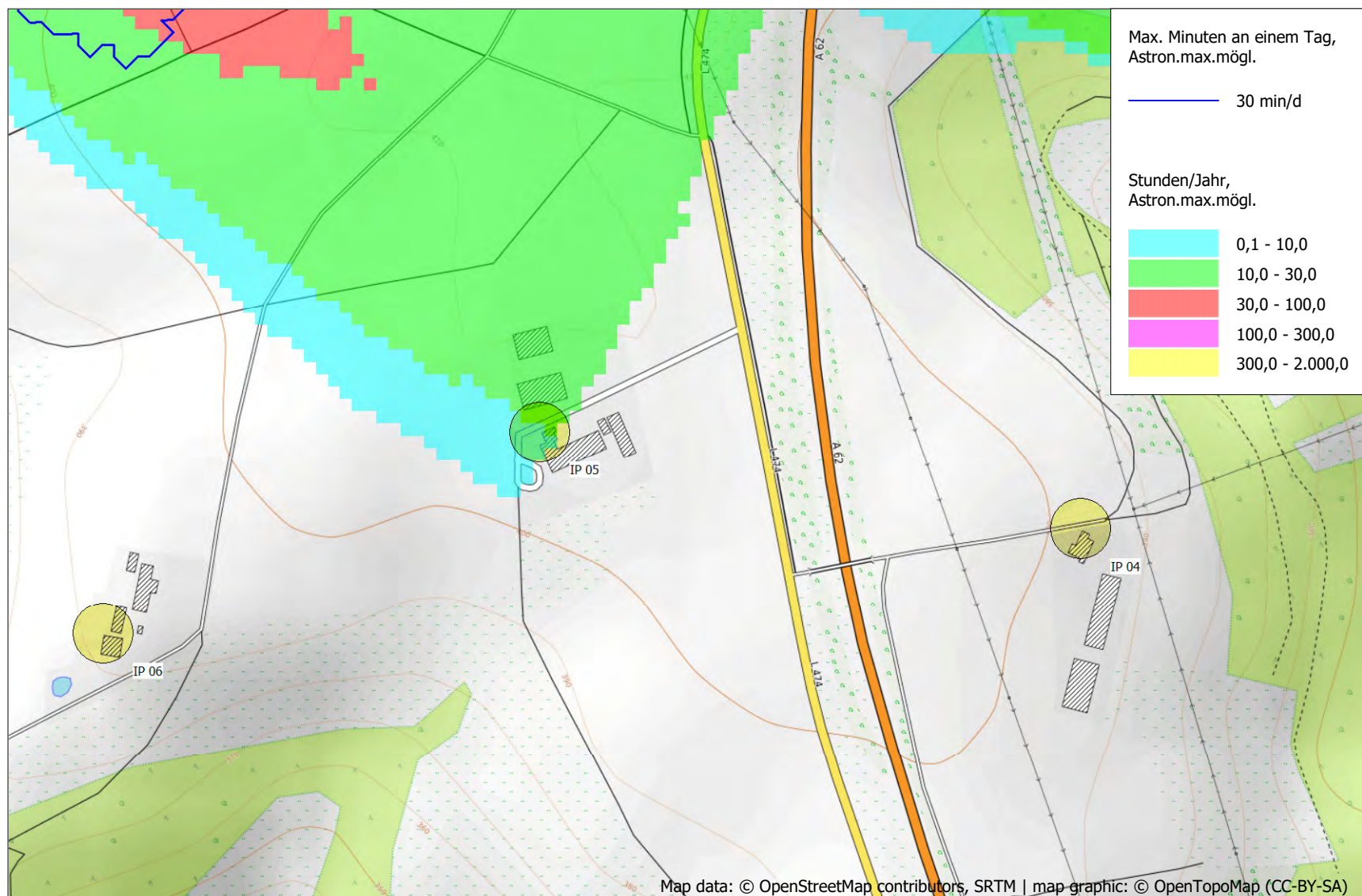
0 50 100 150 200 m

Neue WEA

Karte: OpenTopoMap.org , Maßstab 1:5.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 399.982 Nord: 5.464.041

Schattenrezeptor

Höhe der Schattenkarte: Höhenraster-Objekt: 4498-20-S1 Weselberg DGM Raster_EMDGrid_0.wpg (16)



Projekt:

Weselberg

4498-20-S1

Beschreibung:

Immissionspunkte IP 04 bis IP 06

SHADOW - Karte

Berechnung:

Zusatzbelastung FD D-2

Lizenzierter Anwender:

IEL GmbH

Kirchdorfer Straße 26

DE-26603 Aurich

+49 4941 9558 0

RMM / mail@iel-gmbh.de

Berechnet:

08.04.2020 11:38/3.3.274



Neue WEA

Schattenrezeptor

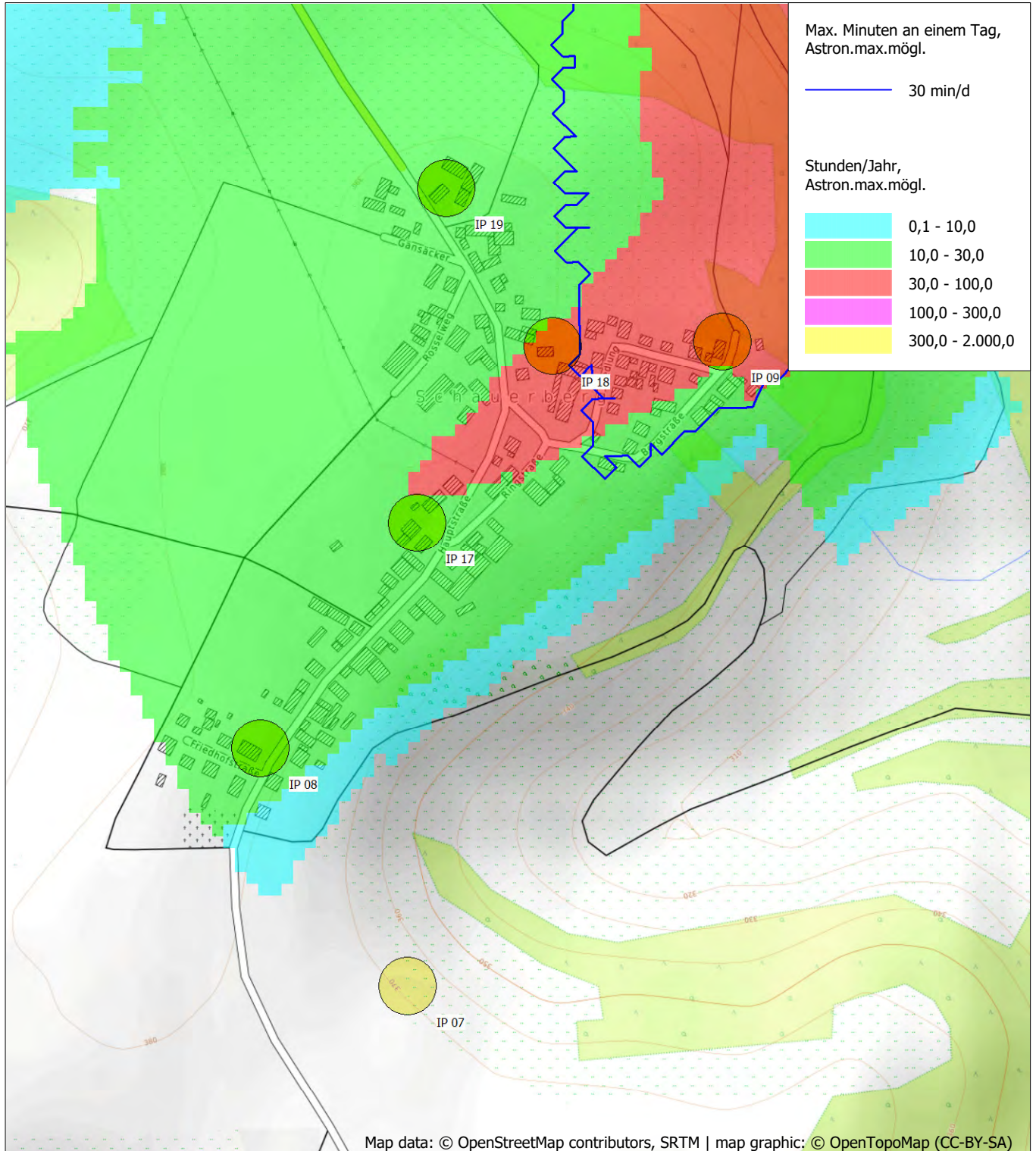
Karte: OpenTopoMap.org, Maßstab 1:5.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 399.368 Nord: 5.463.000

Höhe der Schattenkarte: Höhenraster-Objekt: 4498-20-S1 Weselberg DGM Raster_EMDGrid_0.wpg (16)



SHADOW - Karte

Berechnung: Zusatzbelastung FD D-3



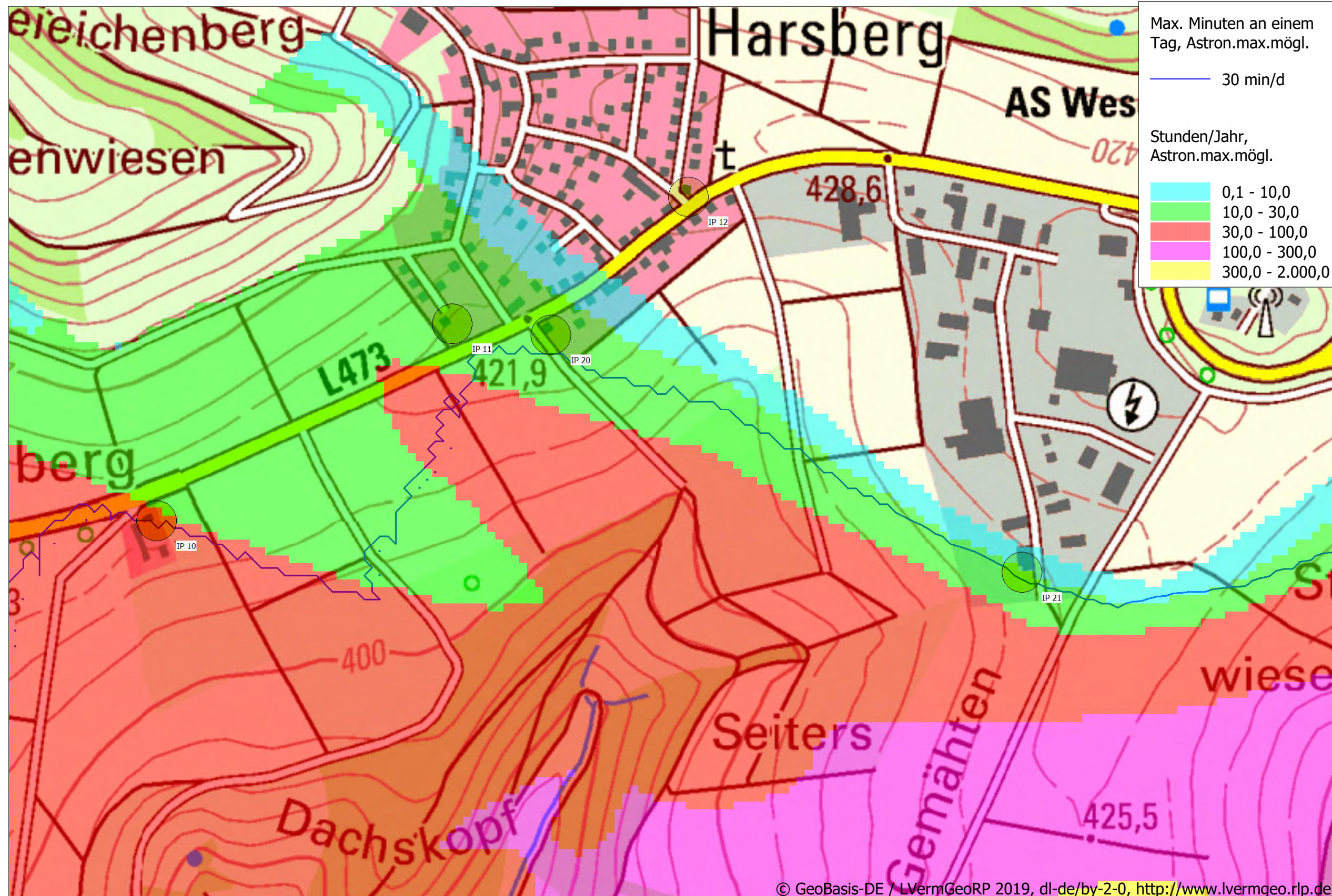
0 50 100 150 200 m

Neue WEA

Karte: OpenTopoMap.org , Maßstab 1:5.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 396.500 Nord: 5.463.313

Schattenrezeptor

Höhe der Schattenkarte: Höhenraster-Objekt: 4498-20-S1 Weselberg DGM Raster_EMDGrid_0.wpg (16)



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

— 30 min/d

Stunden/Jahr, Astron.max.mögl.

0,1 - 10,0
10,0 - 30,0
30,0 - 100,0
100,0 - 300,0
300,0 - 2.000,0

Projekt:

Weselberg

4498-20-S1

Beschreibung:

Immissionspunkte IP 10 bis IP 12 sowie IP 20 und IP 21

SHADOW - Karte

Berechnung:

Zusatzbelastung FD D-4

Lizenzierter Anwender:

IEL GmbH

Kirchdorfer Straße 26

DE-26603 Aurich

+49 4941 9558 0

RMM / mail@iel-gmbh.de

Berechnet:

08.04.2020 11:38/3.3.274

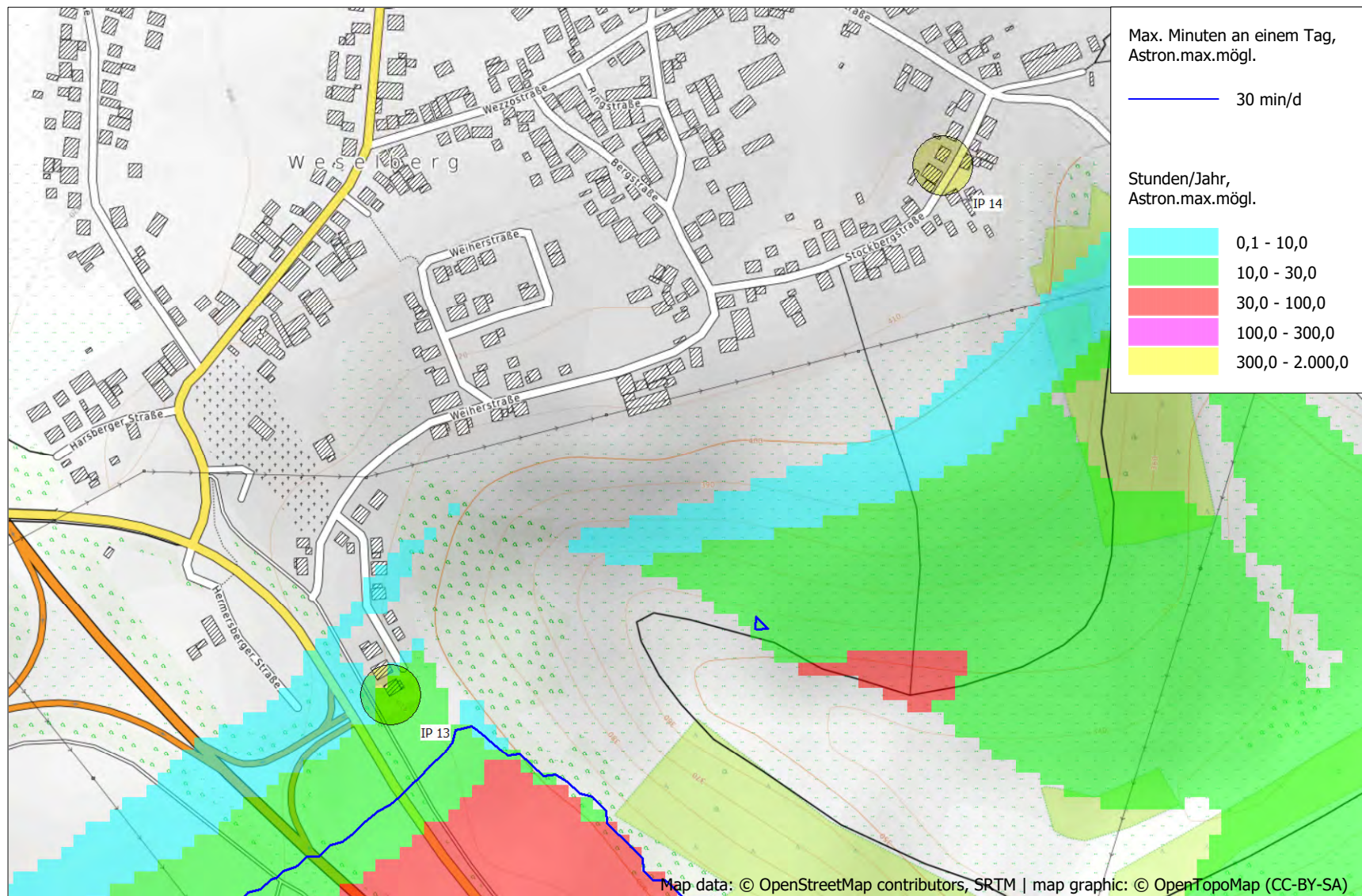


Neue WEA

Karte: DE Rheinland-Pfalz Topo DTK25 , Maßstab 1:5.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 397.669 Nord: 5.465.087

Schattenrezeptor

Höhe der Schattenkarte: Höhenraster-Objekt: 4498-20-S1 Weselberg DGM Raster_EMDGrid_0.wpg (16)



Neue WEA

Schattenrezeptor

Karte: OpenTopoMap.org, Maßstab 1:5.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 399.079 Nord: 5.465.419

Höhe der Schattenkarte: Höhenraster-Objekt: 4498-20-S1 Weselberg DGM Raster_EMDGrid_0.wpg (16)

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

30 min/d

Stunden/Jahr,
Astron.max.mögl.

0,1 - 10,0
10,0 - 30,0
30,0 - 100,0
100,0 - 300,0
300,0 - 2.000,0

Projekt:

Weselberg

4498-20-S1

Beschreibung:

Immissionspunkte IP 13 und IP 14

**SHADOW -
Karte**

Berechnung:

Zusatzbelastung FD D-5

Lizenzierter Anwender:

IEL GmbH
Kirchdorfer Straße 26
DE-26603 Aurich
+49 4941 9558 0

RMM / mail@iel-gmbh.de
Berechnet:

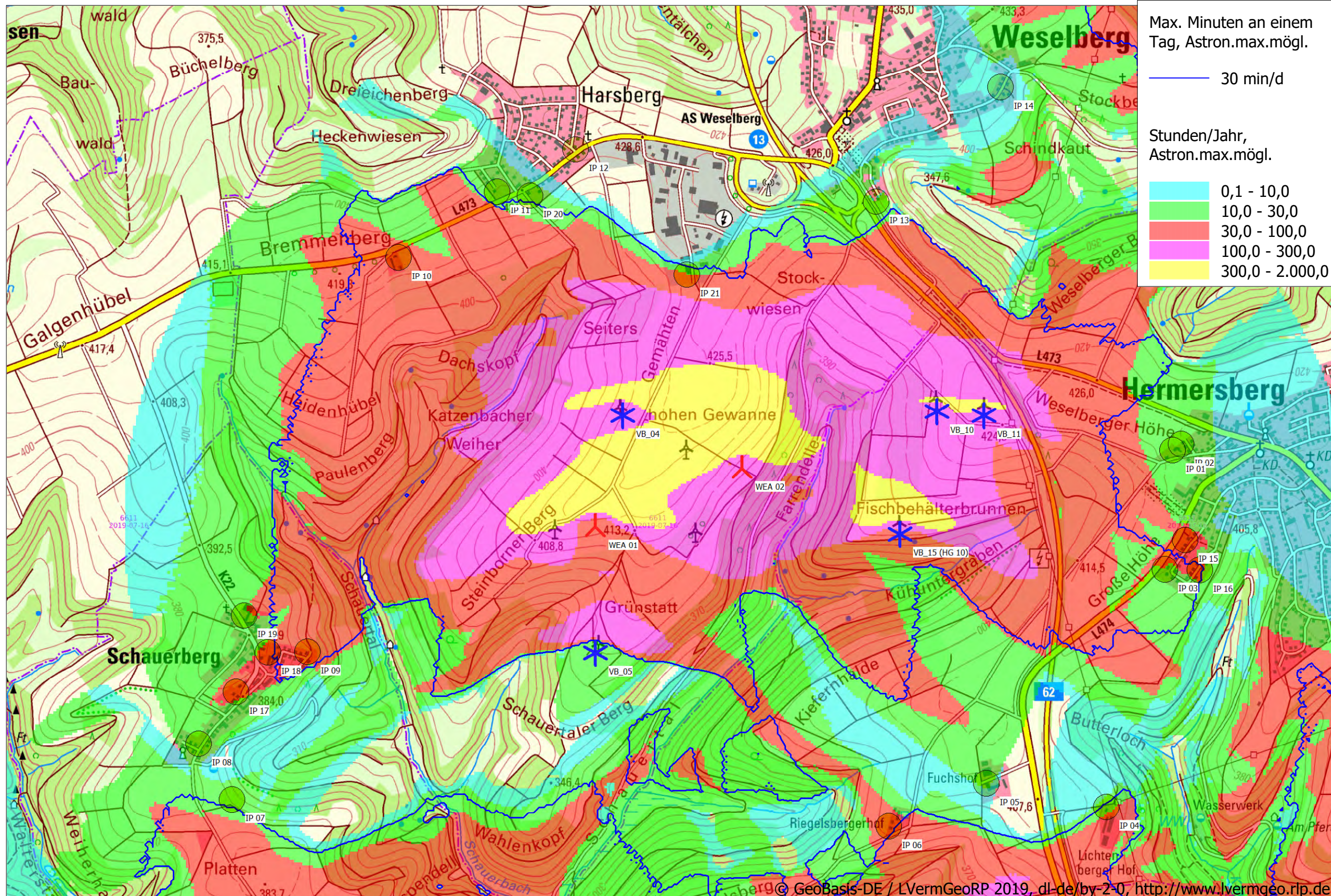
08.04.2020 11:38/3.3.274





**Flächendeckende Darstellungen
Gesamtbelastung
„Astronomisch mögliche
Rotorschattenwurfdauer“**

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz



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

— 30 min/d

Stunden/Jahr, Astron.max.mögl.

0,1 - 10,0
10,0 - 30,0
30,0 - 100,0
100,0 - 300,0
300,0 - 2.000,0

Projekt:
Weselberg

4498-20-S1

SHADOW - Karte
Berechnung:
Gesamtbelastung FD

Lizenzierter Anwender:
IEL GmbH
Kirchdorfer Straße 26
DE-26603 Aurich
+49 4941 9558 0
RMM / mail@iel-gmbh.de
Berechnet:
08.04.2020 11:29/3.3.274

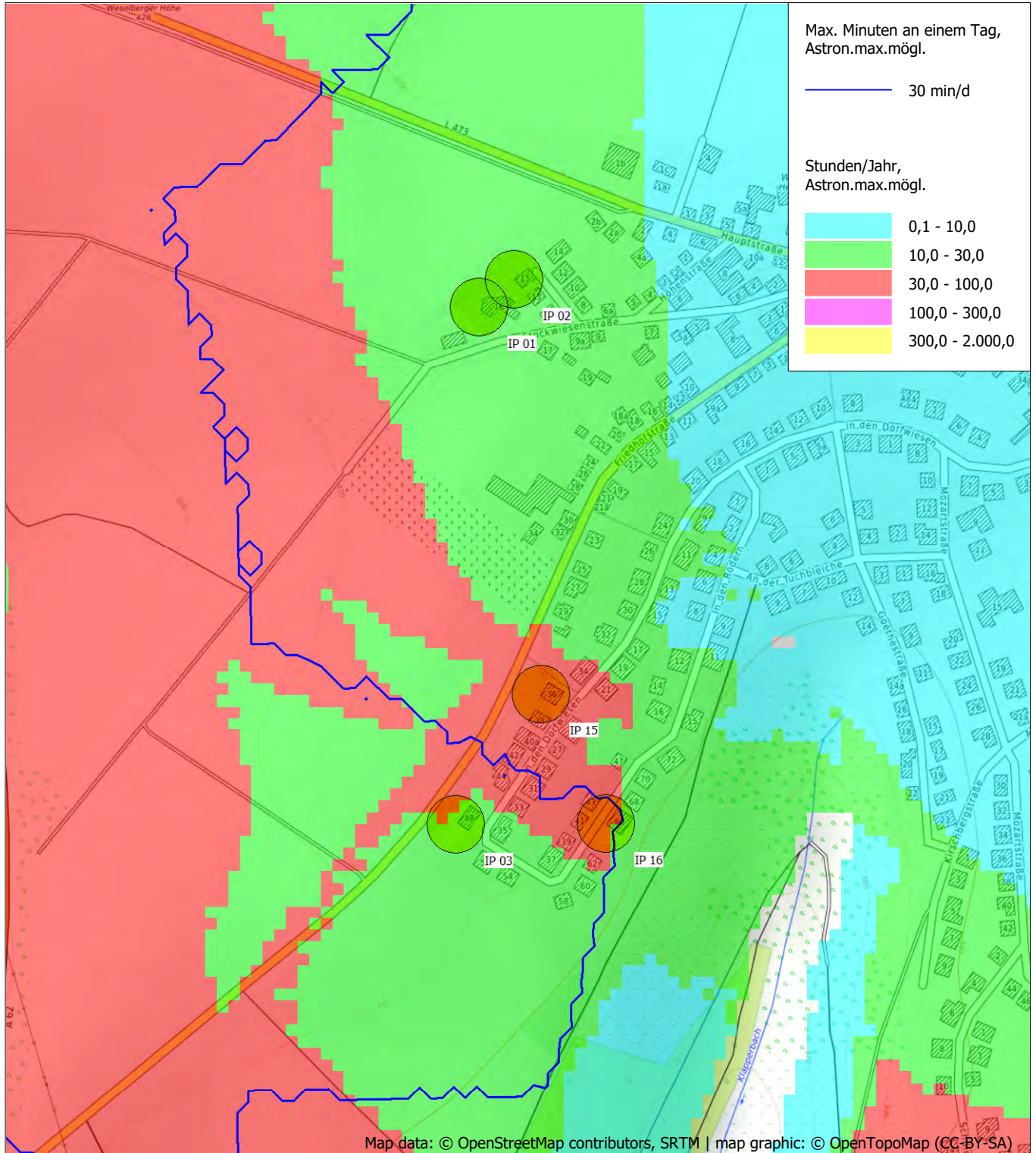
Karte: DE Rheinland-Pfalz Topo DTK25 , Maßstab 1:15.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 398.050 Nord: 5.464.269
Höhe der Schattenkarte: Höhenraster-Objekt: 4498-20-S1 Weselberg DGM Raster_EMDGrid_0.wpg (16)

Neue WEA Existierende WEA Schattenrezeptor



SHADOW - Karte

Berechnung: Gesamtbelastung FD D-1



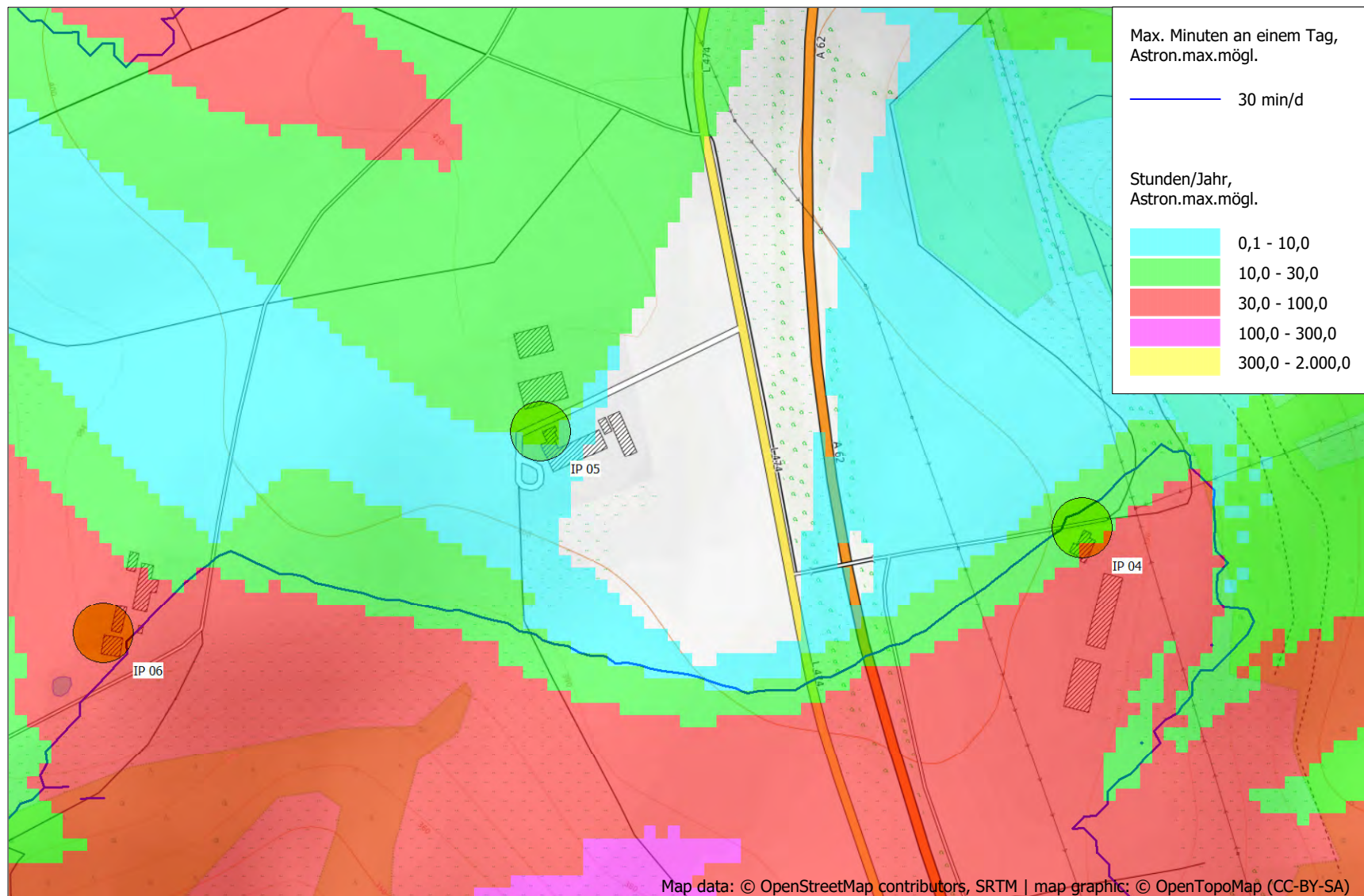
0 50 100 150 200 m

Neue WEA

Karte: OpenTopoMap.org, Maßstab 1:5.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 399.982 Nord: 5.464.041

Existierende WEA Schattenrezeptor

Höhe der Schattenkarte: Höhenraster-Objekt: 4498-20-S1 Weselberg DGM Raster_EMDGrid_0.wpg (16)



0 50 100 150 200 m

Neue WEA

Existierende WEA

Schattenrezeptor

Karte: OpenTopoMap.org , Maßstab 1:5.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 399.368 Nord: 5.463.000

Höhe der Schattenkarte: Höhenraster-Objekt: 4498-20-S1 Weselberg DGM Raster_EMDGrid_0.wpg (16)

Projekt:

Weselberg

4498-20-S1

Beschreibung:

Immissionspunkte IP 04 bis IP 06

SHADOW - Karte

Berechnung:
Gesamtbelastung FD D-2

Lizenzierter Anwender:

IEL GmbH
Kirchdorfer Straße 26
DE-26603 Aurich
+49 4941 9558 0
RMM / mail@iel-gmbh.de

Berechnet:

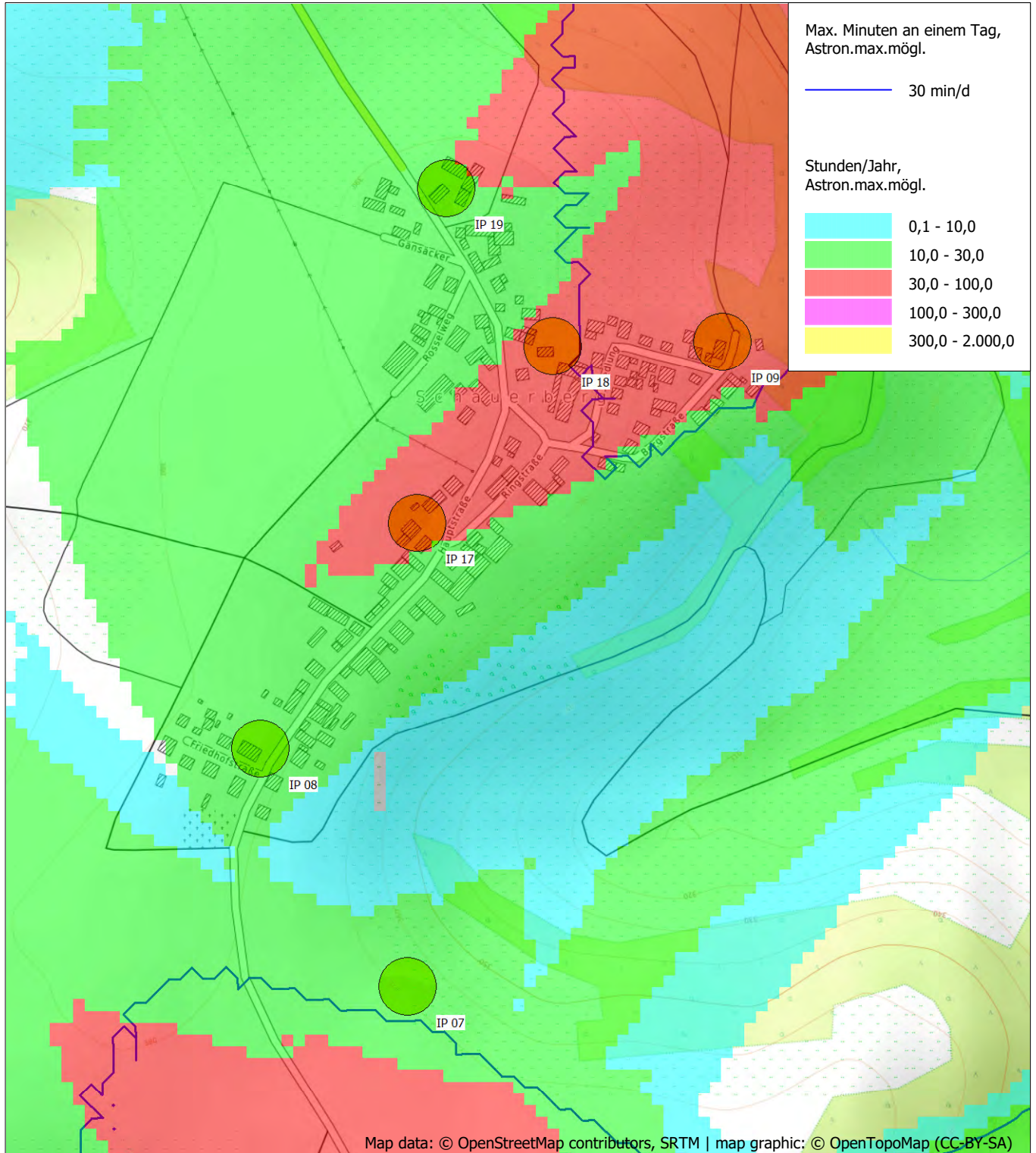
08.04.2020 11:29/3.3.274





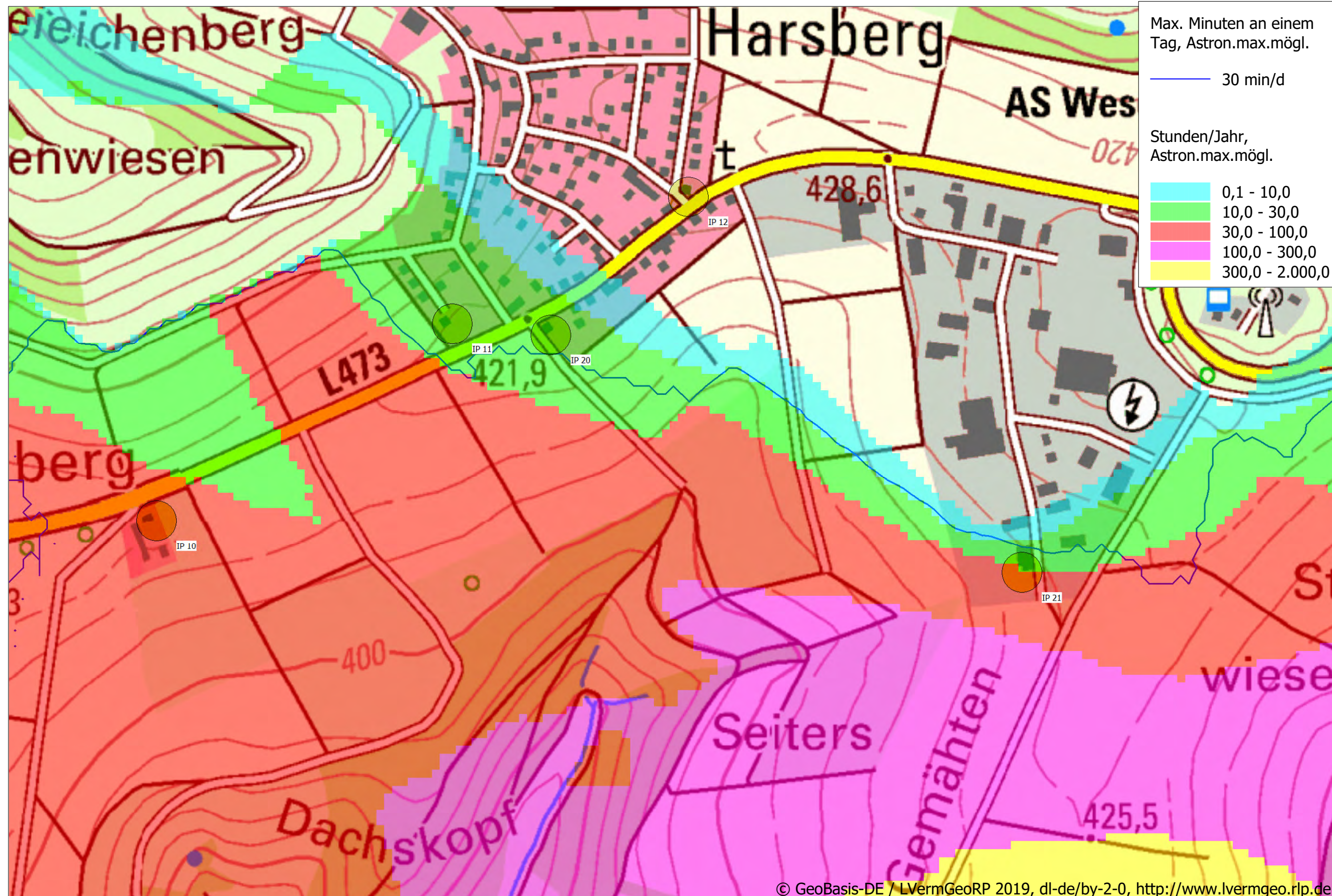
SHADOW - Karte

Berechnung: Gesamtbelastung FD D-3



0 50 100 150 200 m

Karte: OpenTopoMap.org , Maßstab 1:5.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 396.500 Nord: 5.463.313
* Existierende WEA * Schattenrezeptor
Höhe der Schattenkarte: Höhenraster-Objekt: 4498-20-S1 Weselberg DGM Raster_EMDGrid_0.wpg (16)



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

— 30 min/d

Stunden/Jahr, Astron.max.mögl.

0,1 - 10,0
10,0 - 30,0
30,0 - 100,0
100,0 - 300,0
300,0 - 2.000,0

Projekt:
Weselberg

4498-20-S1

Beschreibung:
Immissionspunkte IP 10 bis IP 12 sowie IP 20 und IP 21

SHADOW - Karte

Berechnung:
Gesamtbelastung FD D-4

Lizenzierter Anwender:
IEL GmbH
Kirchdorfer Straße 26
DE-26603 Aurich
+49 4941 9558 0
RMM / mail@iel-gmbh.de
Berechnet:
08.04.2020 11:29/3.3.274

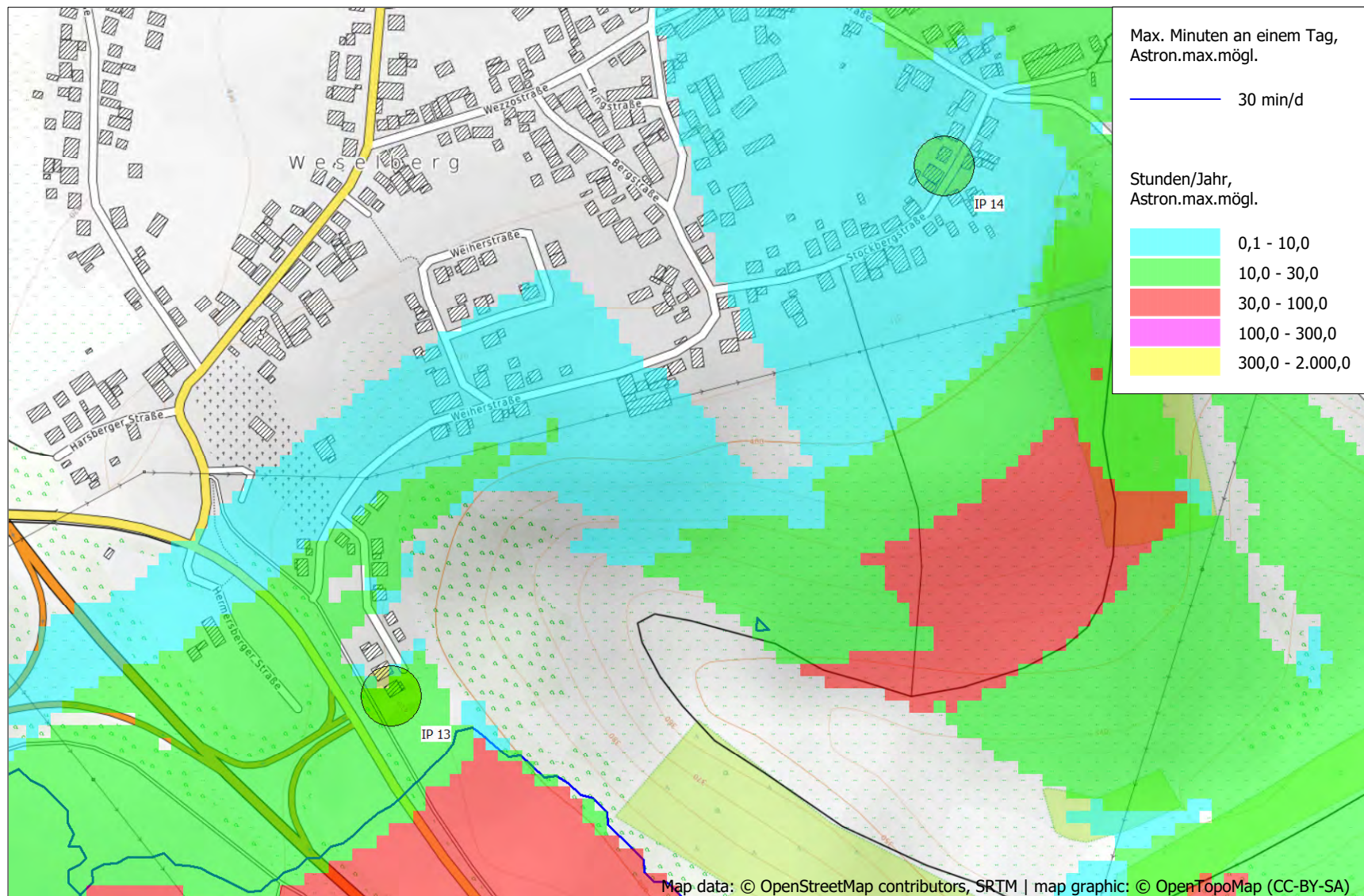


Neue WEA

Karte: DE Rheinland-Pfalz Topo DTK25 , Maßstab 1:5.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 397.669 Nord: 5.465.087

* Existierende WEA Schattenrezeptor

Höhe der Schattenkarte: Höhenraster-Objekt: 4498-20-S1 Weselberg DGM Raster_EMDGrid_0.wpg (16)



0 50 100 150 200 m

▲ Neue WEA

★ Existierende WEA

● Schattenrezeptor

Karte: OpenTopoMap.org , Maßstab 1:5.000, Mitte: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Ost: 399.079 Nord: 5.465.419

Höhe der Schattenkarte: Höhenraster-Objekt: 4498-20-S1 Weselberg DGM Raster_EMDGrid_0.wpg (16)

Projekt:

Weselberg

4498-20-S1

Beschreibung:

Immissionspunkte IP 13 und IP 14

**SHADOW -
Karte**

Berechnung:

Gesamtbelastung FD D-5

Lizenzierter Anwender:

IEL GmbH

Kirchdorfer Straße 26

DE-26603 Aurich

+49 4941 9558 0

RMM / mail@iel-gmbh.de

Berechnet:

08.04.2020 11:29/3.3.274





Berechnungsergebnisse

Vorbelastung

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz



SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Vorbelastung Hauptergebnis und Listen

Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

Beschattungsbereich der WEA

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

Siehe WEA-Tabelle

Minimale relevante Sonnenhöhe über Horizont

3 °

Tage zwischen Berechnungen

1 Tag(e)

Berechnungszeitsprung

1 Minuten

Die dargestellten Zeiten sind die astronomisch maximal mögliche

Beschattungsdauer, berechnet unter folgenden Annahmen:

Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang

Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinstrahlung

Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

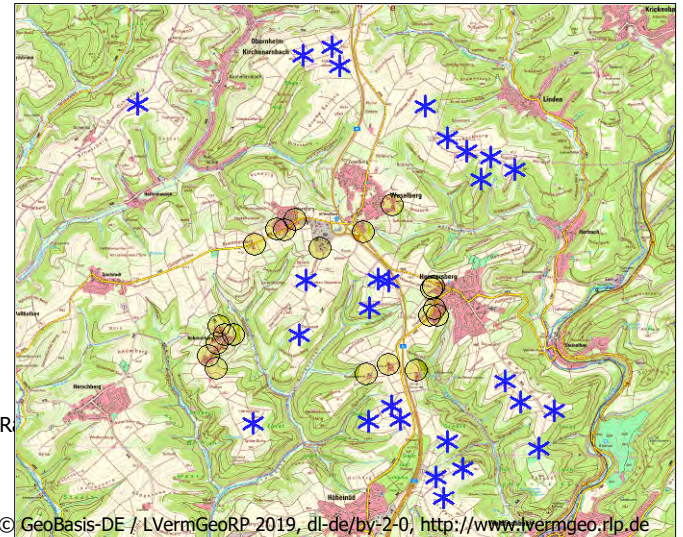
Eine WEA wird nicht berücksichtigt, wenn sie von keinem Teil der Rezeptorfläche aus sichtbar ist. Die Sichtbarkeitsberechnung basiert auf den folgenden Annahmen:

Verwendete Höhenlinien: Höhenraster-Objekt: 4498-20-S1 Wesenberg DGM R

Hindernisse in Berechnung nicht verwendet

Berechnungshöhe ü.Gr. für Karte: 1,5 m

Rasterauflösung: 1,0 m



© GeoBasis-DE / LVermGeoRP 2019, dl-de/by-2.0, <http://www.lvermgeo.rlp.de>

Maßstab 1:125.000

* Existierende WEA

● Schattenrezeptor

Alle Koordinatenangaben in:

UTM (north)-WGS84 Zone: 32

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]
VB_01 (H1)	395.086	5.467.324	404,4	VENSYS _11...	Ja	VENSYS	_112-3.000	3.000	112,0	140,0	1.804	13,6
VB_02	397.813	5.468.124	433,2	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V112-3.075	3.075	112,0	140,0	1.708	17,7
VB_03	398.302	5.468.274	438,9	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V112-3.075	3.075	112,0	140,0	1.708	17,7
VB_04	397.866	5.464.403	415,7	ENERCON _...	Ja	ENERCON	_E-82 E2-2.000	2.000	82,0	138,4	1.599	18,0
VB_05	397.763	5.463.504	389,1	ENERCON _...	Ja	ENERCON	_E-82 E2-2.000	2.000	82,0	138,4	1.599	18,0
VB_06	398.421	5.467.957	434,9	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V112-3.075	3.075	112,0	140,0	1.708	17,7
VB_07	399.835	5.467.289	427,6	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V112-3.075	3.075	112,0	140,0	1.708	17,7
VB_08	400.465	5.461.296	389,0	ENERCON _...	Ja	ENERCON	_E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0
VB_09	400.138	5.460.811	394,0	ENERCON _...	Ja	ENERCON	_E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0
VB_10	399.053	5.464.419	414,6	ENERCON _...	Ja	ENERCON	_E-48-800	800	48,0	75,6	1.047	32,0
VB_11	399.232	5.464.402	424,0	ENERCON _...	Ja	ENERCON	_E-48-800	800	48,0	75,6	1.047	32,0
VB_12 (HG 03)	401.159	5.462.746	406,3	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V112-3.075	3.075	112,0	140,0	1.708	17,7
VB_13 (HG 04)	401.414	5.462.400	403,5	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V112-3.075	3.075	112,0	140,0	1.708	17,7
VB_14 (HG 09)	401.720	5.461.637	397,3	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V112-3.075	3.075	112,0	140,0	1.708	17,7
VB_15 (HG 10)	398.913	5.463.954	391,0	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V112-3.075	3.075	112,0	140,0	1.708	17,7
VB_16 (HG 08.1)	401.964	5.462.242	411,5	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V112-3.075	3.075	112,0	140,0	1.708	17,7
VB_17	399.276	5.462.336	401,7	ENERCON _...	Ja	ENERCON	_E-70 E4-2.000	2.000	71,0	113,5	1.642	20,0
VB_18	399.418	5.462.109	396,7	ENERCON _...	Ja	ENERCON	_E-70 E4-2.000	2.000	71,0	113,5	1.642	20,0
VB_19	398.906	5.462.076	389,4	ENERCON _...	Ja	ENERCON	_E-70 E4-2.000	2.000	71,0	113,5	1.642	20,0
VB_20	400.009	5.461.148	399,7	ENERCON _...	Ja	ENERCON	_E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0
VB_21 (HÖH 01.1)	400.206	5.461.740	390,7	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V112-3.075	3.075	112,0	140,0	1.708	17,7
VB_22 (HOR 1)	400.752	5.466.073	393,7	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V126-3.300	3.300	126,0	137,0	1.718	16,5
VB_23 (HOR 2)	400.914	5.466.441	422,4	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V126-3.300	3.300	126,0	137,0	1.718	16,5
VB_24 (HOR 3)	401.311	5.466.239	405,0	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V126-3.300	3.300	126,0	137,0	1.718	16,5
VB_25	396.999	5.462.040	384,9	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V150-4.0/4.2-4.200	4.200	150,0	123,0	1.900	10,4
VB_26	400.209	5.466.768	428,4	NORDEX _N...	Ja	NORDEX	_N117-2.400	2.400	116,8	91,0	1.489	11,8
VB_27	400.514	5.466.533	431,2	NORDEX _N...	Ja	NORDEX	_N117-2.400	2.400	116,8	91,0	1.489	11,8

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
				[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
IP 01	Stockwiesenstraße 16	399.945	5.464.271	426,9	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 02	Stockwiesenstraße 15	399.976	5.464.294	427,9	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 03	In den Dorfwiesen 48	399.916	5.463.819	420,1	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 04	Lichtenbergerhof 1	399.693	5.462.921	399,1	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 05	Fuchshof	399.241	5.463.010	407,8	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0

(Fortsetzung nächste Seite)...



SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Vorbelastung Hauptergebnis und Listen

...(Fortsetzung von letzter Seite)

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
IP 06	Riegelsberger Hof	398.872	5.462.848	393,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 07	neues Wohngebiet	396.389	5.462.950	368,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 08	Friedhofstr. 2	396.264	5.463.160	381,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 09	Siedlung Nr. 13	396.675	5.463.508	372,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 10	Langenhof	397.018	5.464.999	417,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 11	Hinter Walters	397.391	5.465.248	419,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 12	Schulstraße 2	397.689	5.465.408	425,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 13	Am Hexenpfad 16	398.823	5.465.210	412,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 14	Stockbergstraße 19	399.294	5.465.644	413,1	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 15	In den Dorfwiesen 36	399.993	5.463.931	421,3	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 16	In den Dorfwiesen 66	400.048	5.463.817	409,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 17	Hauptstraße 24	396.405	5.463.354	387,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 18	Hauptstraße 9a	396.526	5.463.507	389,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 19	Hauptstraße 1	396.436	5.463.646	394,1	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 20	Zweibrücker Str. 25	397.515	5.465.233	422,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 21	Rudolf-Diesel-Str. 13	398.109	5.464.934	425,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0

Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

astron. max. mögl. Beschattungsdauer

Nr.	Name	Stunden/Jahr [h/a]	Schattentage/Jahr [d/a]	Max.Schattendauer/Tag [h/d]
IP 01	Stockwiesenstraße 16	15:14	62	0:24
IP 02	Stockwiesenstraße 15	13:34	57	0:23
IP 03	In den Dorfwiesen 48	20:24	79	0:26
IP 04	Lichtenbergerhof 1	23:37	67	0:36
IP 05	Fuchshof	3:09	20	0:13
IP 06	Riegelsberger Hof	38:48	123	0:27
IP 07	neues Wohngebiet	19:34	69	0:27
IP 08	Friedhofstr. 2	3:15	19	0:13
IP 09	Siedlung Nr. 13	5:19	24	0:18
IP 10	Langenhof	7:12	29	0:19
IP 11	Hinter Walters	0:00	0	0:00
IP 12	Schulstraße 2	0:00	0	0:00
IP 13	Am Hexenpfad 16	7:34	36	0:16
IP 14	Stockbergstraße 19	6:52	31	0:20
IP 15	In den Dorfwiesen 36	29:07	119	0:24
IP 16	In den Dorfwiesen 66	24:40	91	0:23
IP 17	Hauptstraße 24	3:37	20	0:14
IP 18	Hauptstraße 9a	4:04	20	0:16
IP 19	Hauptstraße 1	3:21	18	0:14
IP 20	Zweibrücker Str. 25	0:00	0	0:00
IP 21	Rudolf-Diesel-Str. 13	24:50	50	0:43

Gesamtmenge der max. mögl. Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal [h/a]
VB_01 (H1) VENSYS	_112 3000 112.0 !O! NH: 140,0 m (Ges:196,0 m) (92)	0:00
VB_02 VESTAS	_V112 3075 112.0 !O! NH: 140,0 m (Ges:196,0 m) (93)	0:00
VB_03 VESTAS	_V112 3075 112.0 !O! NH: 140,0 m (Ges:196,0 m) (94)	0:00
VB_04 ENERCON	_E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 138,4 m (Ges:179,4 m) (95)	36:38
VB_05 ENERCON	_E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 138,4 m (Ges:179,4 m) (96)	36:43
VB_06 VESTAS	_V112 3075 112.0 !O! NH: 140,0 m (Ges:196,0 m) (97)	0:00
VB_07 VESTAS	_V112 3075 112.0 !O! NH: 140,0 m (Ges:196,0 m) (98)	0:00
VB_08 ENERCON	_E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (99)	0:00
VB_09 ENERCON	_E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (100)	0:00
VB_10 ENERCON	_E-48 800 48.0 !O! NH: 75,6 m (Ges:99,6 m) (119)	3:34
VB_11 ENERCON	_E-48 800 48.0 !O! NH: 75,6 m (Ges:99,6 m) (102)	16:11
VB_12 (HG 03) VESTAS	_V112 3075 112.0 !O! NH: 140,0 m (Ges:196,0 m) (103)	30:13
VB_13 (HG 04) VESTAS	_V112 3075 112.0 !O! NH: 140,0 m (Ges:196,0 m) (104)	0:00
VB_14 (HG 09) VESTAS	_V112 3075 112.0 !O! NH: 140,0 m (Ges:196,0 m) (105)	0:00
VB_15 (HG 10) VESTAS	_V112 3075 112.0 !O! NH: 140,0 m (Ges:196,0 m) (106)	35:19

(Fortsetzung nächste Seite)...



SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Vorbelastung Hauptergebnis und Listen

...(Fortsetzung von letzter Seite)

Nr.	Name	Maximal [h/a]
VB_16 (HG 08.1)	VESTAS __V112 3075 112.0 !O! NH: 140,0 m (Ges:196,0 m) (107)	0:00
VB_17	ENERCON __E-70 E4 2000 71.0 !O! NH: 113,5 m (Ges:149,0 m) (108)	42:22
VB_18	ENERCON __E-70 E4 2000 71.0 !O! NH: 113,5 m (Ges:149,0 m) (109)	6:27
VB_19	ENERCON __E-70 E4 2000 71.0 !O! NH: 113,5 m (Ges:149,0 m) (110)	3:58
VB_20	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (111)	0:00
VB_21 (HÖH 01.1)	VESTAS __V112 3075 112.0 !O! NH: 140,0 m (Ges:196,0 m) (112)	0:00
VB_22 (HOR 1)	VESTAS __V126 3300 126.0 !O! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (113)	6:52
VB_23 (HOR 2)	VESTAS __V126 3300 126.0 !O! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (114)	0:00
VB_24 (HOR 3)	VESTAS __V126 3300 126.0 !O! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (115)	0:00
VB_25	VESTAS __V150-4.0/4.2 4200 150.0 !O! NH: 123,0 m (Ges:198,0 m) (116)	14:18
VB_26	NORDEX __N117 2400 116.8 !O! NH: 91,0 m (Ges:149,4 m) (117)	0:00
VB_27	NORDEX __N117 2400 116.8 !O! NH: 91,0 m (Ges:149,4 m) (118)	0:00

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



Berechnungsergebnisse

Zusatzbelastung

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz



SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Zusatzbelastung Hauptergebnis und Listen Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

Beschattungsbereich der WEA

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

Siehe WEA-Tabelle

Minimale relevante Sonnenhöhe über Horizont

3 °

Tage zwischen Berechnungen

1 Tag(e)

Berechnungszeitsprung

1 Minuten

Die dargestellten Zeiten sind die astronomisch maximal mögliche

Beschattungsdauer, berechnet unter folgenden Annahmen:

Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang

Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinstrahlung

Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

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

Verwendete Höhenlinien: Höhenraster-Objekt: 4498-20-S1 Weselberg DGM R

Hindernisse in Berechnung nicht verwendet

Berechnungshöhe ü.Gr. für Karte: 1,5 m

Rasterauflösung: 1,0 m

Alle Koordinatenangaben in:

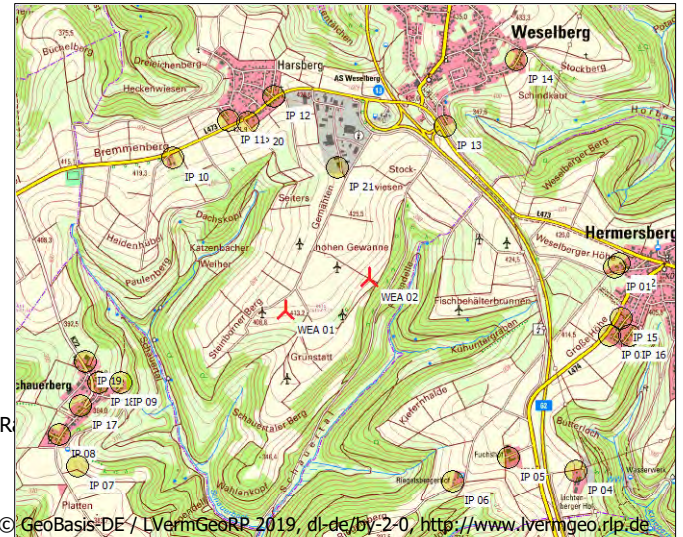
UTM (north)-WGS84 Zone: 32

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller	Typ	[kW]	[m]	[m]	Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]								[m]	[U/min]
WEA 01	397.763	5.463.983	412,0	NORDEX _N163/5.7 5700 ... Ja		NORDEX	_N163/5.7-5.700	5.700	163,0	164,0	1.784	10,7
WEA 02	398.317	5.464.202	401,7	NORDEX _N163/5.7 5700 ... Ja		NORDEX	_N163/5.7-5.700	5.700	163,0	164,0	1.784	10,7

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
					[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
IP 01	Stockwiesenstraße 16	399.945	5.464.271	426,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 02	Stockwiesenstraße 15	399.976	5.464.294	427,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 03	In den Dorfriesen 48	399.916	5.463.819	420,1	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 04	Lichtenbergerhof 1	399.693	5.462.921	399,1	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 05	Fuchshof	399.241	5.463.010	407,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 06	Riegelsberger Hof	398.872	5.462.848	393,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 07	neues Wohngebiet	396.389	5.462.950	368,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 08	Friedhofstr. 2	396.264	5.463.160	381,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 09	Siedlung Nr. 13	396.675	5.463.508	372,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 10	Langenhof	397.018	5.464.999	417,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 11	Hinter Walters	397.391	5.465.248	419,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 12	Schulstraße 2	397.689	5.465.408	425,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 13	Am Hexenpfad 16	398.823	5.465.210	412,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 14	Stockbergstraße 19	399.294	5.465.644	413,1	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 15	In den Dorfriesen 36	399.993	5.463.931	421,3	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 16	In den Dorfriesen 66	400.048	5.463.817	409,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 17	Hauptstraße 24	396.405	5.463.354	387,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 18	Hauptstraße 9a	396.526	5.463.507	389,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 19	Hauptstraße 1	396.436	5.463.646	394,1	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 20	Zweibrücker Str. 25	397.515	5.465.233	422,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 21	Rudolf-Diesel-Str. 13	398.109	5.464.934	425,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0



© GeoBasis-DE / LVermGeoRP 2019, dl-de/by-2-0, <http://www.lvrmgeo.rlp.de>

Maßstab 1:50.000

▲ Neue WEA

● Schattenrezeptor



SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Zusatzbelastung Hauptergebnis und Listen

Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer		
		Stunden/Jahr	Schattentage/Jahr	Max.Schattendauer/Tag
		[h/a]	[d/a]	[h/d]
IP 01	Stockwiesenstraße 16	7:40	30	0:23
IP 02	Stockwiesenstraße 15	7:11	28	0:22
IP 03	In den Dorfwiesen 48	9:18	33	0:24
IP 04	Lichtenbergerhof 1	0:00	0	0:00
IP 05	Fuchshof	10:07	40	0:20
IP 06	Riegelsberger Hof	0:00	0	0:00
IP 07	neues Wohngebiet	0:00	0	0:00
IP 08	Friedhofstr. 2	16:25	50	0:24
IP 09	Siedlung Nr. 13	34:31	70	0:34
IP 10	Langenhof	31:47	86	0:30
IP 11	Hinter Walters	24:23	58	0:30
IP 12	Schulstraße 2	0:00	0	0:00
IP 13	Am Hexenpfad 16	10:23	36	0:21
IP 14	Stockbergstraße 19	0:00	0	0:00
IP 15	In den Dorfwiesen 36	7:52	30	0:22
IP 16	In den Dorfwiesen 66	8:00	32	0:22
IP 17	Hauptstraße 24	29:07	73	0:27
IP 18	Hauptstraße 9a	34:22	90	0:30
IP 19	Hauptstraße 1	17:18	47	0:28
IP 20	Zweibrücker Str. 25	17:40	46	0:29
IP 21	Rudolf-Diesel-Str. 13	10:36	28	0:28

Gesamtmenge der max. mögl. Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal [h/a]
WEA 01	NORDEX _N163/5.7 5700 163.0 !O! NH: 164,0 m (Ges:245,5 m) (1)	122:14
WEA 02	NORDEX _N163/5.7 5700 163.0 !O! NH: 164,0 m (Ges:245,5 m) (2)	81:13

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



Berechnungsergebnisse

Gesamtbelastung

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz



SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Gesamtbelastung Hauptergebnis und Listen Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

Beschattungsbereich der WEA

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

Siehe WEA-Tabelle

Minimale relevante Sonnenhöhe über Horizont

3 °

Tage zwischen Berechnungen

1 Tag(e)

Berechnungszeitsprung

1 Minuten

Die dargestellten Zeiten sind die astronomisch maximal mögliche

Beschattungsdauer, berechnet unter folgenden Annahmen:

Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang

Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinstrahlungsrichtung

Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

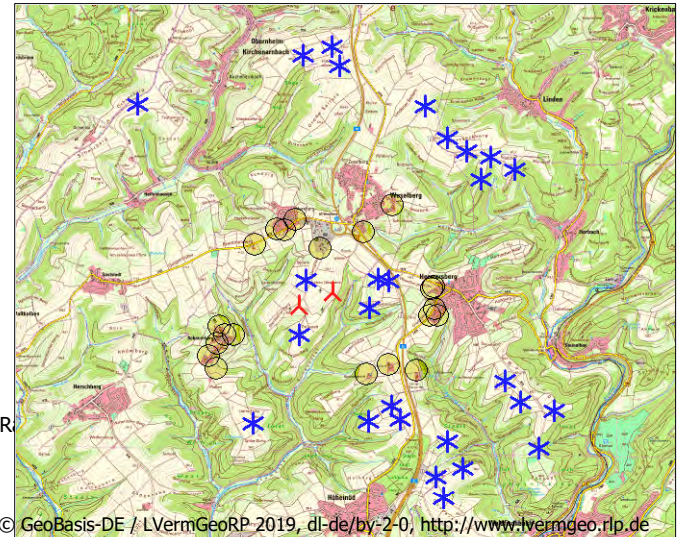
Eine WEA wird nicht berücksichtigt, wenn sie von keinem Teil der Rezeptorfläche aus sichtbar ist. Die Sichtbarkeitsberechnung basiert auf den folgenden Annahmen:

Verwendete Höhenlinien: Höhenraster-Objekt: 4498-20-S1 Wesenberg DGM R

Hindernisse in Berechnung nicht verwendet

Berechnungshöhe ü.Gr. für Karte: 1,5 m

Rasterauflösung: 1,0 m



© GeoBasis-DE / LVermGeoRP 2019, dl-de/by-2-0, <http://www.lvrmgeo.rlp.de>

Maßstab 1:125.000

★ Neue WEA

★ Existierende WEA

● Schattenrezeptor

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	Aktuell	WEA-Typ		Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schattendaten	
						Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[U/min]
VB_01 (H1)	395.086	5.467.324	404,4	VENSYS _11...	Ja	VENSYS	_112-3.000	3.000	112,0	140,0	1.804	13,6
VB_02	397.813	5.468.124	433,2	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V112-3.075	3.075	112,0	140,0	1.708	17,7
VB_03	398.302	5.468.274	438,9	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V112-3.075	3.075	112,0	140,0	1.708	17,7
VB_04	397.866	5.464.403	415,7	ENERCON _...	Ja	ENERCON	_E-82 E2-2.000	2.000	82,0	138,4	1.599	18,0
VB_05	397.763	5.463.504	389,1	ENERCON _...	Ja	ENERCON	_E-82 E2-2.000	2.000	82,0	138,4	1.599	18,0
VB_06	398.421	5.467.957	434,9	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V112-3.075	3.075	112,0	140,0	1.708	17,7
VB_07	399.835	5.467.289	427,6	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V112-3.075	3.075	112,0	140,0	1.708	17,7
VB_08	400.465	5.461.296	389,0	ENERCON _...	Ja	ENERCON	_E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0
VB_09	400.138	5.460.811	394,0	ENERCON _...	Ja	ENERCON	_E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0
VB_10	399.053	5.464.419	414,6	ENERCON _...	Ja	ENERCON	_E-48-800	800	48,0	75,6	1.047	32,0
VB_11	399.232	5.464.402	424,0	ENERCON _...	Ja	ENERCON	_E-48-800	800	48,0	75,6	1.047	32,0
VB_12 (HG 03)	401.159	5.462.746	406,3	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V112-3.075	3.075	112,0	140,0	1.708	17,7
VB_13 (HG 04)	401.414	5.462.400	403,5	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V112-3.075	3.075	112,0	140,0	1.708	17,7
VB_14 (HG 09)	401.720	5.461.637	397,3	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V112-3.075	3.075	112,0	140,0	1.708	17,7
VB_15 (HG 10)	398.913	5.463.954	391,0	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V112-3.075	3.075	112,0	140,0	1.708	17,7
VB_16 (HG 08.1)	401.964	5.462.242	411,5	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V112-3.075	3.075	112,0	140,0	1.708	17,7
VB_17	399.276	5.462.336	401,7	ENERCON _...	Ja	ENERCON	_E-70 E4-2.000	2.000	71,0	113,5	1.642	20,0
VB_18	399.418	5.462.109	396,7	ENERCON _...	Ja	ENERCON	_E-70 E4-2.000	2.000	71,0	113,5	1.642	20,0
VB_19	398.906	5.462.076	389,4	ENERCON _...	Ja	ENERCON	_E-70 E4-2.000	2.000	71,0	113,5	1.642	20,0
VB_20	400.009	5.461.148	399,7	ENERCON _...	Ja	ENERCON	_E-82 E2-2.000	2.000	82,0	108,4	1.601	18,0
VB_21 (HÖH 01.1)	400.206	5.461.740	390,7	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V112-3.075	3.075	112,0	140,0	1.708	17,7
VB_22 (HOR 1)	400.752	5.466.073	393,7	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V126-3.300	3.300	126,0	137,0	1.718	16,5
VB_23 (HOR 2)	400.914	5.466.441	422,4	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V126-3.300	3.300	126,0	137,0	1.718	16,5
VB_24 (HOR 3)	401.311	5.466.239	405,0	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V126-3.300	3.300	126,0	137,0	1.718	16,5
VB_25	396.999	5.462.040	384,9	VESTAS _V...	Ja	VESTAS	_V150-4.0/4.2-4.200	4.200	150,0	123,0	1.900	10,4
VB_26	400.209	5.466.768	428,4	NORDEX _N...	Ja	NORDEX	_N117-2.400	2.400	116,8	91,0	1.489	11,8
VB_27	400.514	5.466.533	431,2	NORDEX _N...	Ja	NORDEX	_N117-2.400	2.400	116,8	91,0	1.489	11,8
WEA 01	397.763	5.463.983	412,0	NORDEX _N...	Ja	NORDEX	_N163/5.7-5.700	5.700	163,0	164,0	1.784	10,7
WEA 02	398.317	5.464.202	401,7	NORDEX _N...	Ja	NORDEX	_N163/5.7-5.700	5.700	163,0	164,0	1.784	10,7

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
IP 01	Stockwiesenstraße 16	399.945	5.464.271	426,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 02	Stockwiesenstraße 15	399.976	5.464.294	427,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0

(Fortsetzung nächste Seite)...



SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Gesamtbelastung Hauptergebnis und Listen

...(Fortsetzung von letzter Seite)

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe ü.Gr.	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus	Augenhöhe (ZVI) ü.Gr.
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
IP 03	In den Dorfwiesen 48	399.916	5.463.819	420,1	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 04	Lichtenbergerhof 1	399.693	5.462.921	399,1	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 05	Fuchshof	399.241	5.463.010	407,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 06	Riegelsberger Hof	398.872	5.462.848	393,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 07	neues Wohngebiet	396.389	5.462.950	368,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 08	Friedhofstr. 2	396.264	5.463.160	381,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 09	Siedlung Nr. 13	396.675	5.463.508	372,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 10	Langenhof	397.018	5.464.999	417,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 11	Hinter Walters	397.391	5.465.248	419,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 12	Schulstraße 2	397.689	5.465.408	425,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 13	Am Hexenpfad 16	398.823	5.465.210	412,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 14	Stockbergstraße 19	399.294	5.465.644	413,1	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 15	In den Dorfwiesen 36	399.993	5.463.931	421,3	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 16	In den Dorfwiesen 66	400.048	5.463.817	409,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 17	Hauptstraße 24	396.405	5.463.354	387,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 18	Hauptstraße 9a	396.526	5.463.507	389,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 19	Hauptstraße 1	396.436	5.463.646	394,1	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 20	Zweibrücker Str. 25	397.515	5.465.233	422,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0
IP 21	Rudolf-Diesel-Str. 13	398.109	5.464.934	425,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"	2,0

Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

astron. max. mögl. Beschattungsdauer

Nr.	Name	Stunden/Jahr [h/a]	Schattentage/Jahr [d/a]	Max.Schattendauer/Tag [h/d]
IP 01	Stockwiesenstraße 16	22:54	92	0:24
IP 02	Stockwiesenstraße 15	20:45	85	0:23
IP 03	In den Dorfwiesen 48	29:38	95	0:39
IP 04	Lichtenbergerhof 1	23:37	67	0:36
IP 05	Fuchshof	13:16	60	0:20
IP 06	Riegelsberger Hof	38:48	123	0:27
IP 07	neues Wohngebiet	19:34	69	0:27
IP 08	Friedhofstr. 2	19:40	69	0:24
IP 09	Siedlung Nr. 13	39:50	94	0:34
IP 10	Langenhof	37:43	86	0:39
IP 11	Hinter Walters	24:23	58	0:30
IP 12	Schulstraße 2	0:00	0	0:00
IP 13	Am Hexenpfad 16	17:57	72	0:21
IP 14	Stockbergstraße 19	6:52	31	0:20
IP 15	In den Dorfwiesen 36	36:59	143	0:24
IP 16	In den Dorfwiesen 66	32:40	108	0:34
IP 17	Hauptstraße 24	32:44	93	0:27
IP 18	Hauptstraße 9a	38:26	110	0:30
IP 19	Hauptstraße 1	20:39	65	0:28
IP 20	Zweibrücker Str. 25	17:40	46	0:29
IP 21	Rudolf-Diesel-Str. 13	35:26	50	1:11

Gesamtmenge der max. mögl. Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal [h/a]
VB _01	(H1) VENSYS _112 3000 112.0 !O! NH: 140,0 m (Ges:196,0 m) (92)	0:00
VB _02	VESTAS _V112 3075 112.0 !O! NH: 140,0 m (Ges:196,0 m) (93)	0:00
VB _03	VESTAS _V112 3075 112.0 !O! NH: 140,0 m (Ges:196,0 m) (94)	0:00
VB _04	ENERCON _E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 138,4 m (Ges:179,4 m) (95)	36:38
VB _05	ENERCON _E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 138,4 m (Ges:179,4 m) (96)	36:43
VB _06	VESTAS _V112 3075 112.0 !O! NH: 140,0 m (Ges:196,0 m) (97)	0:00
VB _07	VESTAS _V112 3075 112.0 !O! NH: 140,0 m (Ges:196,0 m) (98)	0:00
VB _08	ENERCON _E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (99)	0:00
VB _09	ENERCON _E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (100)	0:00
VB _10	ENERCON _E-48 800 48.0 !O! NH: 75,6 m (Ges:99,6 m) (119)	3:34
VB _11	ENERCON _E-48 800 48.0 !O! NH: 75,6 m (Ges:99,6 m) (102)	16:11
VB _12	(HG 03) VESTAS _V112 3075 112.0 !O! NH: 140,0 m (Ges:196,0 m) (103)	30:13

(Fortsetzung nächste Seite)...



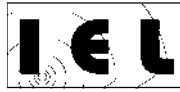
SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Gesamtbelastung Hauptergebnis und Listen

...(Fortsetzung von letzter Seite)

Nr.	Name	Maximal [h/a]
VB_13 (HG 04)	VESTAS __V112 3075 112.0 !O! NH: 140,0 m (Ges:196,0 m) (104)	0:00
VB_14 (HG 09)	VESTAS __V112 3075 112.0 !O! NH: 140,0 m (Ges:196,0 m) (105)	0:00
VB_15 (HG 10)	VESTAS __V112 3075 112.0 !O! NH: 140,0 m (Ges:196,0 m) (106)	35:19
VB_16 (HG 08.1)	VESTAS __V112 3075 112.0 !O! NH: 140,0 m (Ges:196,0 m) (107)	0:00
VB_17	ENERCON __E-70 E4 2000 71.0 !O! NH: 113,5 m (Ges:149,0 m) (108)	42:22
VB_18	ENERCON __E-70 E4 2000 71.0 !O! NH: 113,5 m (Ges:149,0 m) (109)	6:27
VB_19	ENERCON __E-70 E4 2000 71.0 !O! NH: 113,5 m (Ges:149,0 m) (110)	3:58
VB_20	ENERCON __E-82 E2 2000 82.0 !O! NH: 108,4 m (Ges:149,4 m) (111)	0:00
VB_21 (HÖH 01.1)	VESTAS __V112 3075 112.0 !O! NH: 140,0 m (Ges:196,0 m) (112)	0:00
VB_22 (HOR 1)	VESTAS __V126 3300 126.0 !O! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (113)	6:52
VB_23 (HOR 2)	VESTAS __V126 3300 126.0 !O! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (114)	0:00
VB_24 (HOR 3)	VESTAS __V126 3300 126.0 !O! NH: 137,0 m (Ges:200,0 m) (115)	0:00
VB_25	VESTAS __V150-4.0/4.2 4200 150.0 !O! NH: 123,0 m (Ges:198,0 m) (116)	14:18
VB_26	NORDEX __N117 2400 116.8 !O! NH: 91,0 m (Ges:149,4 m) (117)	0:00
VB_27	NORDEX __N117 2400 116.8 !O! NH: 91,0 m (Ges:149,4 m) (118)	0:00
WEA 01	NORDEX __N163/5.7 5700 163.0 !O! NH: 164,0 m (Ges:245,5 m) (1)	122:14
WEA 02	NORDEX __N163/5.7 5700 163.0 !O! NH: 164,0 m (Ges:245,5 m) (2)	81:13

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



**Technische Beschreibung
/
NORDEX Windenergieanlagen**

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz

Allgemeine Dokumentation

Schattenwurfmodul

Gültig für alle Nordex Windenergieanlagen

K0815_051312_DE

Revision 02 / 22.09.2017

- Kundendokument -

Dokument wird elektronisch verteilt.

Originaldokument bei Nordex Energy GmbH, Department Engineering.

Das vorliegende Dokument wurde von der Nordex Energy GmbH und/oder einem mit der Nordex Energy GmbH im Sinne der §§15ff AktG verbundenen Unternehmen erstellt.

Dieses Dokument, einschließlich jeglicher Darstellung des Dokumentes im Ganzen oder in Teilen, ist geistiges Eigentum der Nordex Energy GmbH und/oder ihrer im Sinne der §§15ff AktG verbundenen Unternehmen. Sämtliche in diesem Dokument enthaltenen Informationen sind vertraulich und dürfen nicht (auch nicht in Auszügen) ohne die ausdrückliche Zustimmung der Nordex Energy GmbH an Dritte weitergegeben werden.

Alle Rechte vorbehalten.

Jegliche Weitergabe, Vervielfältigung, Übersetzung oder sonstige Verwendung dieses Dokuments oder von Teilen desselben, gleich ob in gedruckter, handschriftlicher, elektronischer oder sonstiger Form, ohne ausdrückliche Zustimmung durch die Nordex Energy GmbH ist untersagt.

Copyright 2017 by Nordex Energy GmbH.

Kontakt

Bei Fragen zu dieser Dokumentation wenden Sie sich bitte an:

Nordex Energy GmbH

Langenhorner Chaussee 600

22419 Hamburg

Deutschland

Tel: +49 (0)40 300 30 -1000

Fax: +49 (0)40 300 30 -1101

<http://www.nordex-online.com>

info@nordex-online.com

1. Einleitung

Der sich drehende Rotor einer Windenergieanlage verursacht bei Sonnenschein periodischen Schattenwurf. Dieser kann an umliegenden Gebäuden zu erheblichen Belästigungen führen und somit dazu beitragen, dass die Akzeptanz von Windenergieanlagen in der Bevölkerung beeinträchtigt wird.

Um den Schutz der Anwohner von Windparks zu gewährleisten, werden durch die Immissionsschutzbehörden Auflagen erlassen, die die Schattenwurfdauer auf ein vertragliches Maß begrenzen. Dafür wird eine Überwachungseinrichtung gefordert, die bei Überschreitung der zulässigen Schattenwurfdauer die verursachende Windenergieanlage abschaltet.

Das Schattenwurfmodul SWM-V4.0 bietet die technische Lösung zur Einhaltung der behördlichen Auflagen und protokolliert alle Schattenwurfereignisse in einer Logtabelle.

1.1 Schattenwurfüberwachung

Das Schattenwurfmodul SWM-V4.0 kann die Schattenwurfbelastung an bis zu 2000 Gebäuden (Immissionsorten) überwachen. Dabei können bis zu 100 Windenergieanlagen berücksichtigt werden.

Für jedes Gebäude können eine tägliche und eine auf einen Jahreszeitraum bezogene zulässige Schattenwurfbelastung definiert werden. Bestimmte Wochentage (z. B. Samstag und Sonntag bei gewerblich genutzten Gebäuden) können bei der Schattenwurfüberwachung ausgeblendet werden.

Bei der Überschreitung der maximal zulässigen Schattenwurfbelastung wird die verursachende Windenergieanlage für die Dauer des Schattenwurfs abgeschaltet.

Alle Schattenwurfereignisse und Abschaltungen werden protokolliert.

2. Funktionsweise

Mit Hilfe eines Lichtsensors wird die Intensität des Sonnenlichtes in vier Richtungen gemessen. Auf Basis dieser Ergebnisse kann das Schattenwurfmodul beurteilen, ob bei den bestehenden Lichtverhältnissen grundsätzlich Schattenwurffeffekte auftreten können.

Parallel dazu berechnet die Zentraleinheit fortwährend, ob eines der zu schützenden Gebäude aufgrund des aktuellen Sonnenstands vom Rotorschatten einer Windenergieanlage getroffen wird. Die Zentraleinheit prüft dabei, ob die Windenergieanlage überhaupt im Betrieb ist, und berücksichtigt, welche Position der Rotor zur Sonne hat. Wird an einem Gebäude eine Schattenwurfbelastung erkannt, werden die entsprechenden Tages- und Jahreszähler erhöht.

Bei der Überschreitung der maximal zulässigen Schattenwurfbelastung wird die verursachende Windenergieanlage für die Dauer des Schattenwurfs abgeschaltet.

Die Windenergieanlage kann bei geringer Leistung auch abgeschaltet werden, obwohl noch keine Überschreitung der zulässigen Schattenwurfbelastung eingetreten ist. Dadurch kann das zur Verfügung stehende Jahresbudget für den leistungstärkeren Betrieb der Windenergieanlage geschont werden. Die Leistungsgrenze, ab der eine vorzeitige Abschaltung erfolgen soll, kann für jede Windenergieanlage individuell eingestellt werden.

3. Protokollierung

Alle Ereignisse und Abschaltungen werden von der Zentraleinheit in einem Ringspeicher protokolliert.

Das Protokoll kann mit der kostenlosen Software SHADOW MEMORY über eine Netzwerkschnittstelle ausgelesen werden. Für die Auswertung der Protokolle stehen Filter- und Statistikfunktionen zur Verfügung. Im separaten Software-Handbuch SHADOW MEMORY werden diese Funktionen detailliert dargestellt.

3.1 Konfiguration

Die Konfiguration des Schattenwurfmoduls enthält alle projektspezifischen Daten. In ihr werden u. a. die Standorte und die Beschaffenheit der Windenergieanlagen und zu schützenden Gebäude hinterlegt und die maximal zulässige Beschattungsdauer definiert.

3.2 Abschaltkalender

Es kann ein Abschaltkalender generiert werden, um die Windenergieanlagen für einen bestimmten Zeitraum anzuhalten. Bei diesen Abschaltungen kann auch berücksichtigt werden, ob aufgrund der herrschenden Lichtverhältnisse Schattenwurf grundsätzlich möglich ist. Der Abschaltkalender kann bis zu 40000 Abschaltungen enthalten.

4. Hardwarekomponenten

Das Schattenwurfmodul SWM-V4.0 besteht aus einer Zentraleinheit und mindestens einem Lichtsensor, weitere sind möglich. Im Lichtsensor ist ein GPS-Modul integriert, welches für die Zeiterfassung und Positionsbestimmung der WEA genutzt wird.

Der Lichtsensor wird auf einen Sensorhalter auf dem Maschinenhausdach montiert.

5. Zentraleinheit

Die Zentraleinheit des Schattenwurfmoduls SWM-V4.0 wird in einem separaten Schaltschrank untergebracht (Anlagengeneration gamma) oder in der Topbox integriert (Anlagengeneration delta). Pro Windpark ist eine Zentraleinheit notwendig.

Funktionen der Zentraleinheit

- Berechnung der Schattenwurfzeiten an den zu überwachenden Gebäuden
- Abfrage der Lichtsensoren
- Kommunikation mit den Windenergieanlagen im Windpark über eine Netzwerkschnittstelle
- Stoppen der verursachenden Windenergieanlage bei Überschreitung der zulässigen Schattenwurfbelastung
- Protokollierung aller Ereignisse und Abschaltungen von Windenergieanlagen

6. Lichtsensor

Der Lichtsensor wird mit einem Halter auf dem Maschinenhausdach einer ausgewählten Windenergieanlage im Windpark installiert.

Der Lichtsensor kommuniziert über das vorhandene Netzwerk mittels TCP/IP mit der Zentraleinheit des Schattenwurfmoduls.

7. Schnittstelle zu den Windenergieanlagen

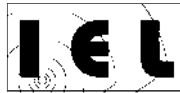
Die Zentraleinheit kommuniziert mit den Windenergieanlagen über eine Netzwerkschnittstelle. Diese arbeitet als Client bezogen auf die Serverschnittstellen, welche in der Betriebsführungssoftware-Software der Windenergieanlagen angesiedelt sind.

Die WEA-Steuerung übergibt per LAN und Modbus-TCP-Daten-Protokoll alle relevanten Daten an die Zentraleinheit des SWM.

Start/Stop-Befehle werden von der Zentraleinheit des SWM per LAN (Modbus TCP) an die einzelnen WEA übermittelt.

Nach der Abfrage und Verarbeitung der Daten werden Stoppbefehle, Alarm- und andere Statusmeldungen an die einzelnen Windenergieanlagen übergeben.

Nordex Energy GmbH
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg
Germany
<http://www.nordex-online.com>
info@nordex-online.com



Literaturverzeichnis

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz

Literaturverzeichnis

1. **ISO 2813 / Beschichtungsstoffe-Bestimmung des Glanzwertes unter 20°, 60° und 85° ISO 2813:2014 Deutsche Fassung EN ISO 2813:2014**
2. **Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA- Schattenwurf-Hinweise); Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI); 13.03.2002**
3. **Meeus, Jean / „Astronomische Algorithmen“ / Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig-Berlin-Heidelberg; 2. Auflage 1994 (Kap. 24, Koordinaten der Sonne)**
4. **Dr. J. Pohl / Dr. F. Faul / Prof. Dr. R. Mausfeld: Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen / 1999**
5. **Dr. J. Pohl / Dr. F. Faul / Prof. Dr. R. Mausfeld: Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen / 2000**
6. **DIN ISO/IEC 17025:2005 / EN ISO/IEC 17025:2005: Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien**
7. **OpenStreetMap Foundation: OpenStreetMap (OSM); <http://www.openstreetmap.org>**
8. **DAkkS - Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH: Akkreditierungs-Urkunde IEL GmbH; D-PL-11011-01-00; Berlin, Deutschland; 02.08.2017**
9. **Nielsen, P., P. Madsen, T. Sørensen, K. Bredelle, T. Sørensen, L. Svenningsen R. Funk und G. Potzka: windPRO WIKI; EMD International A/S, Aalborg, Dänemark; EMD Deutschland GbR, Kassel, Deutschland; 08/2017 http://help.emd.dk/mediawiki/index.php?title=Handbuch_SHADOW**
10. **U.S. Geological Survey (USGS): Shuttle radar topography mission (SRTM); ita.cr.usgs.gov/SRTM**