

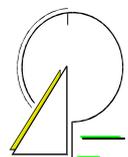
GEMEINDE RASTEDE

Landkreis Ammerland



Vorhabenbezogener Bebauungsplan Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“

Begründung (Teil I)



INHALTSÜBERSICHT

1.0	ANLASS UND ZIEL DER PLANUNG	1
2.0	RAHMENBEDINGUNGEN	2
2.1	Kartenmaterial	2
2.2	Räumlicher Geltungsbereich	2
2.3	Nutzungsstruktur / Städtebauliche Situation	2
3.0	PLANERISCHE VORGABEN UND HINWEISE	3
3.1	Landesraumordnungsprogramm Niedersachsen	3
3.2	Regionales Raumordnungsprogramm	3
3.3	Vorbereitende und verbindliche Bauleitplanung	4
4.0	ÖFFENTLICHE BELANGE	4
4.1	Belange von Natur und Landschaft	4
4.2	Belange des Denkmalschutzes	5
4.3	Belange des Bodenschutzes / Altablagerungen / Kampfmittel	5
4.4	Belange des Immissionsschutzes	6
4.4.1	Schallimmissionen	6
4.4.2	Schattenwurf der Windenergieanlagen	7
4.5	Belange der Luftfahrt	8
4.6	Belange der Verkehrssicherheit / Eisabwurf	9
5.0	INHALTE DES BEBAUUNGSPLANES	9
5.1	Vorhaben- und Erschließungsplan	9
5.2	Art der baulichen Nutzung	10
5.3	Maß der baulichen Nutzung	10
5.4	Überbaubare und nicht überbaubare Grundstücksflächen	11
5.5	Öffentliche Verkehrsfläche	11
5.6	Verkehrsflächen besonderer Zweckbestimmung	11
5.7	Fläche für die Landwirtschaft und Wald	11
6.0	ÖRTLICHE BAUVORSCHRIFTEN	11
7.0	VERKEHRLICHE UND TECHNISCHE INFRASTRUKTUR	12
8.0	VERFAHRENSGRUNDLAGEN/-VERMERKE	14
8.1	Rechtsgrundlagen	14
8.2	Planverfasser	14

1.0 ANLASS UND ZIEL DER PLANUNG

Die Gemeinde Rastede beabsichtigt anlässlich aktueller Entwicklungsvorhaben und dem Willen der Gemeinde Rastede einen Beitrag zur Energiewende zu leisten, die planungsrechtlichen Voraussetzungen zur Errichtung eines Windparks im östlichen Gemeindegebiet zu schaffen und führt zu diesem Zweck die Aufstellung des vorhabenbezogenen Bebauungsplanes Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“ durch.

Aufgrund der anhaltenden regionalen Nachfrage nach neuen Standorten für Windenergieanlagen hat die Gemeinde Rastede die „Standortpotenzialstudie für Windparks im Gebiet der Gemeinde Rastede“ (DIEKMANN & MOSEBACH, 2016) erarbeiten lassen, in der das gesamte Gemeindegebiet hinsichtlich möglicher, für Windenergienutzungen geeigneter Standorte untersucht worden ist.

Die Potenzialstudie aus dem Jahr 2016 dient als fachliche Grundlage für die in der Flächennutzungsplanänderung Nr. 71 erfolgende Ausweisung einer weiteren Sonderbaufläche „Windenergie“ im nördlichen Teil des Gemeindegebietes, die eine Ausschlusswirkung nach § 35 (3) Satz 3 BauGB entfaltet. Mit der Flächennutzungsplanänderung Nr. 71 wird das Planungsziel einer städtebaulich geordneten und verträglichen Entwicklung der Windenergienutzung innerhalb des Gemeindegebietes Rastede verfolgt, wodurch ein Beitrag zur Förderung regenerativer Energien im Sinne von § 1 (6) Nr. 7f BauGB geleistet werden soll. Durch den vorliegenden vorhabenbezogenen Bebauungsplan Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“ wird auf Ebene der verbindlichen Bauleitplanung die Errichtung eines Windparks planungsrechtlich abgesichert.

Im Rahmen der o. g. Standortpotenzialstudie wurden in einem ersten Arbeitsschritt die „harten“ Tabuzonen herausgearbeitet. Nachfolgend wurden unter Berücksichtigung aktueller Raumanforderungen und bestehender Flächenrestriktionen sowie unter Einhaltung notwendiger Schutzabstände zu Siedlungsräumen usw. verschiedene Potenzialflächen für Windenergienutzungen ermittelt.

Dem Ergebnis der Studie zufolge weist das Gemeindegebiet fünf Potenzialräume auf, die sich in unterschiedlicher Weise als geeignet für Windenergienutzungen darstellen. Obwohl gemäß der Studie verschiedenen Flächen, unterschiedlich für eine Windenergienutzung geeignet sind, hat sich der Rat der Gemeinde Rastede dazu entschieden nicht alle Flächen gleichzeitig einer Windenergienutzung zuzuführen, sondern lediglich die Potenzialflächen 1-4 zu entwickeln.

Neben einem bereits vorgeprägten Standort (Potenzialfläche 4 „Lieth“), an dem sich heute bereits ein Windpark befindet (Windpark Lieth) und der weiter ausgebaut bzw. repowert werden soll, beabsichtigt die Gemeinde drei weitere Potenzialflächen im Rahmen von Flächennutzungsplanänderungen für eine Windenergienutzung planungsrechtlich vorzubereiten. Im Rahmen der parallel durchgeführten Flächennutzungsplanänderung wird der nördliche Teil der Potenzialfläche „Delfshausen“ (Potenzialfläche 3) für eine Windparknutzung vorbereitet. Die Entwicklung in diesem Bereich beschränkt sich zunächst auf die nördliche Hälfte der Potenzialfläche, da die Gemeinde Rastede für jede Windparkplanung eine vorbereitende und eine verbindliche Bauleitplanung im Parallelverfahren durchführen möchte und der aktuelle Vorhabenträger nur über die Flächen nördlich der Südbäke (einen Bereich im Westen ausgenommen) und des Lehmdermoorgrabens verfügen kann. Die Gemeinde fasst für die durch diesen Bebauungsplan nicht abgedeckten Bereiche der Potenzialfläche einen Aufstellungsbeschluss, um die Entwicklung dieser Flächen ebenfalls über eine verbindliche Bauleitplanung zu steuern.

Seitens eines Vorhabenträgers ist die Entwicklung eines Windparks mit zwei Windenergieanlagen geplant. Neben der parallel erfolgenden Änderung Nr. 71 des Flächennutzungsplanes wird die konkrete Gebietsentwicklung über den vorliegenden vorhabenbezogenen Bebauungsplanes Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“ und das nachgelagert bundesimmissionsschutzrechtliche Genehmigungsverfahren (Verfahren nach BIm-

SchG) gesteuert. Die Gemeinde entwickelt diese Teilfläche mit zwei Windenergieanlagen mit Blick auf eine zukünftige Entwicklung der gesamten Potenzialfläche durch verbindliche Bebauungspläne. Die gesamte Potenzialfläche eignet sich für die Errichtung von etwa fünf Windenergieanlagen und die vorliegende Planung stellt den ersten Entwicklungsschritt dar. Der Planung liegt ein Gesamtkonzept mit fünf Windenergieanlagen für die Potenzialfläche zu Grunde.

Das zu Grunde liegende Plankonzept ist aus Sicht der Gemeinde optimal, da durch die gewählte Anlagenkonstellation, was den Schall und den Schattenwurf angeht, die Anlagen so positioniert werden können, dass es zu keinen oder nur sehr geringen Abschaltzeiten kommen wird. Ein möglichst uneingeschränkter Betrieb der Anlagen sorgt für einen wirtschaftlichen Betrieb des Windparks. Alle fünf Anlagen mit den 150 m Gesamthöhe aus dem Grundkonzept stehen in Hauptwindrichtung. Keine der geplanten Anlagen „klaut“ einer Anderen den Wind. Die Gemeinde hat keinen Zweifel daran, dass das der Planung zu Grunde liegende Konzept für den vorliegenden Standort optimal ist. Eine jetzige Errichtung von zwei Anlagen ändert an diesem optimalen Konzept nichts. Die drei weiteren Anlagen aus dem Grundkonzept können im Rahmen einer weiteren Bauleitplanung planungsrechtlich gesichert und später errichtet werden, ohne dass dies zu einem Nachteil für angrenzende Flächeneigentümer führen würde. Im Sinne einer Gleichbehandlung der Flächeneigentümer und gleichzeitig optimalen Ausnutzung der Fläche, ohne zu starke Abschaltzeiten der Anlagen zu haben und Anlagen so zu positionieren, dass Sie im Windschatten anderer Anlagen stehen würden, ist das vorliegende Grundkonzept mit fünf Anlagen für den vorhabenbezogenen Bebauungsplan Nr. 12 als optimal anzusehen.

Die Standortverträglichkeit der geplanten Windenergieanlagen bezüglich der umliegenden Wohnnutzungen wird durch die Erarbeitung entsprechender Fachgutachten (Lärm, Schattenwurf) geprüft. In der Abwägung gem. § 1 (7) BauGB sind gleichermaßen die Belange des Naturschutzes und der Landschaftspflege gem. § 1 (6) Nr. 7 BauGB zu berücksichtigen (vgl. § 1a BauGB). Diese werden im Umweltbericht zum vorhabenbezogenen Bebauungsplan Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“ umfassend beschrieben und bewertet. Der notwendige Ausgleich erfolgt über geeignete Maßnahmen auf externen Kompensationsflächen. Die umweltbezogenen Auswirkungen des Planvorhabens werden im Umweltbericht gem. § 2a BauGB dokumentiert, der Umweltbericht zum vorhabenbezogenen Bebauungsplan Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“ ist verbindlicher Bestandteil der Begründung und als Teil II dieser Begründung beigefügt.

2.0 RAHMENBEDINGUNGEN

2.1 Kartenmaterial

Die Planzeichnung des vorhabenbezogenen Bebauungsplanes Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“ wurde unter Verwendung einer amtlichen Plangrundlage, die vom Vermessungsbüro Menger aus Westerstede im Maßstab 1 : 1.000 zur Verfügung gestellt wurde, im Maßstab 1 : 2.500 erstellt.

2.2 Räumlicher Geltungsbereich

Der Geltungsbereich des vorhabenbezogenen Bebauungsplanes Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“ liegt im Osten der Gemeinde Rastede, westlich der Jade, südöstlich Lehmders Straße und nördlich der Gewässer Südbäke und Lehmdermoorgraben. Das Plangebiet umfasst ein ca. 15,5 ha großes Areal. Die genauen Grenzen des Plangebiets sind der Planzeichnung zu entnehmen.

2.3 Nutzungsstruktur / Städtebauliche Situation

Das Plangebiet wird durch die vorhandenen Gewässer, Lehmdermoorgraben und Südbäke, im Süden begrenzt. Der Bereich nordwestlich der beiden Gewässer ist vorwiegend

durch Grünland geprägt und von weiteren kleineren Gräben durchzogen. Entlang der kleineren Gräben befinden sich Einzelgehölze und teilweise kurze Baumreihen.

Gebäude sind innerhalb des Geltungsbereichs nicht vorhanden. Die nächstgelegenen Gebäude mit Wohnnutzung befinden sich in einer Entfernung von 550 m gemessen vom Rand des Geltungsbereiches des vorhabenbezogenen Bebauungsplanes Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“.

3.0 PLANERISCHE VORGABEN UND HINWEISE

Nach § 1 BauGB unterliegen Bauleitpläne einer Anpassung an die Ziele der Raumordnung. Aus den Vorgaben der übergeordneten Planungen ist die kommunale Planung zu entwickeln bzw. hierauf gemäß § 1 (4) BauGB abzustimmen.

3.1 Landesraumordnungsprogramm Niedersachsen

Das Landesraumordnungsprogramm 2017 (LROP-VO 2017) stellt für das Plangebiet die planerischen Ziele der Landesplanung dar.

Die LROP-VO 2017 trifft für den überwiegenden Teil des Plangebietes keine gesonderten Aussagen.

Für den westlichen Teilbereich des Geltungsbereiches ist in der zeichnerischen Darstellung der LROP-VO ein Vorranggebiet Torferhalt festgelegt. Eine der guten fachlichen Praxis entsprechende landwirtschaftliche Nutzung ist mit dieser Festlegung vereinbar, diese steht der Festsetzung für Flächen für die Landwirtschaft nicht entgegen. Ebenso ist eine Nutzung der Flächen durch Windenergieanlagen widerspruchsfrei möglich.

Im näheren Umfeld wird in der LROP-VA 2017 die geplante Bundesautobahn 20 (BAB 20) dargestellt. Die geplante Trasse liegt südlich des Geltungsbereichs der Flächennutzungsplanänderung.

In der beschreibenden Darstellung der LROP-VO 2017 wird zum Punkt Energie erläutert, dass die Nutzung einheimischer Energieträger und erneuerbarer Energien unterstützt werden soll. Die Träger der Regionalplanung sollen darauf hinwirken, dass unter Berücksichtigung der regionalen Gegebenheiten der Anteil einheimischer Energieträger und erneuerbarer Energien insbesondere der Windenergie, der Solarenergie, der Wasserkraft, der Geothermie sowie von Biomasse und Biogas raumverträglich ausgebaut wird.

Für die Nutzung von Windenergie geeignete raumbedeutsame Standorte sind zu sichern und unter Berücksichtigung der Repowering-Möglichkeiten in den Regionalen Raumordnungsprogrammen als Vorranggebiete oder Eignungsgebiete Windenergienutzung festzulegen.

Mit der Schaffung der planungsrechtlichen Voraussetzung durch den vorhabenbezogenen Bebauungsplan Nr. 12 "Windenergie Lehmdermoor" für die Errichtung von Windenergieanlagen innerhalb der Gemeinde Rastede werden die Ziele der Raumordnung beachtet.

3.2 Regionales Raumordnungsprogramm

Das Regionale Raumordnungsprogramm für den Landkreis Ammerland aus dem Jahr 1996 wird der vorliegenden Bauleitplanung zu Grunde gelegt.

In der zeichnerischen Darstellung des Regionalen Raumordnungsprogramms wird Plangebiet als Vorsorgegebiet für Grünlandbewirtschaftung, -pflege und -entwicklung gekennzeichnet. Der textlichen Ausführung zum RROP ist hierzu zu entnehmen, dass überwiegend als Grünland genutzte Fluss- und Bäkenniederungen, die in der zeichnerischen Darstellung als Vorsorgegebiete für Grünlandbewirtschaftung, -pflege und -ent-

wicklung dargestellt sind, durch Maßnahmen, die den Naturhaushalt in seiner Funktionsfähigkeit oder das Bild der Landschaft erheblich stören, grundsätzlich nicht beeinträchtigt werden sollen. Negative Entwicklungen in diesen Bereichen, z. B. die Anlegung von Fischteichen, die Aufforstung mit gesellschaftsfremden Gehölzen oder die Anlegung von Containerflächen, sind grundsätzlich auszuschließen.

Da es sich hier um ein Vorsorgegebiet für Natur und Landschaft und kein Vorranggebiet handelt, unterliegt dieser Belang der Abwägung. Es handelt sich hierbei um einen Grundsatz der Raumordnung, nicht um ein Ziel der Raumordnung.

Im Regionalen Raumordnungsprogramm des Landkreises Ammerland werden keine Ziele der Raumordnung zum Ausbau oder zur Steuerung der Windenergienutzung definiert. Es ist aber festgelegt, dass Windenergieanlagen unter den Gesichtspunkten der Umweltverträglichkeit und sozialen Akzeptanz auf geeignete Standorte zu konzentrieren sind. Die Gemeinde Rastede gibt hier, wie auch der Landkreis Ammerland in seinem Standortkonzept Windenergie 2013, dem Ziel der LROP-VO, dem Ausbau regenerativer Energien den Vorrang vor dem Grundsatz der Raumordnung.

Ein Teilbereich der Südbäke ist als Gebiet zur Verbesserung der Landschaftsstruktur und des Naturhaushaltes dargestellt (linienhafte Darstellung). Diese Darstellung haben Gewässer und Gewässerabschnitte enthalten, die noch eine aktuelle Bedeutung als Lebensräume für anspruchsvollere Tier- und Pflanzenarten der Fließgewässer aufweisen, jedoch durch Gewässerausbau bzw. -belastung gestört oder geschädigt sind. Sie sind zur Wiederherstellung ihrer ökologischen Funktionsfähigkeit auf der Grundlage entsprechender Renaturierungskonzepte naturnah umzugestalten bzw. durch entsprechende Maßnahmen zu reaktivieren. Die planungsrechtliche Vorbereitung eines Windparkstandortes widerspricht der getroffenen Darstellung nicht, eine Renaturierung ist auch im Einklang mit einem Windpark möglich.

Der vorliegende vorhabenbezogene Bebauungsplan Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“ entspricht den Zielen des RROP. Folglich ist die Planung mit den Zielen der Raumordnung gem. § 1 (4) BauGB vereinbar.

3.3 Vorbereitende und verbindliche Bauleitplanung

Im rechtswirksamen Flächennutzungsplan der Gemeinde Rastede (Stand 18.06.1993) wird der Geltungsbereich des vorhabenbezogenen Bebauungsplanes Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“ abgesehen von den Gewässern II. Ordnung (Lehmdermoorgraben und Südbäke), die das Plangebiet im Süden begrenzen, als Fläche für die Landwirtschaft dargestellt. Die beiden Gewässer sind als Wasserflächen dargestellt und als Gewässer II. Ordnung gekennzeichnet.

Zur bauleitplanerischen Vorbereitung des vorhabenbezogenen Bebauungsplanes Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“ wird parallel gem. § 8 (3) BauGB diese Flächennutzungsplanänderung Nr. 71, in der die Darstellung eines Sonderbaugebietes mit der Zweckbestimmung „Windenergie“ vorgesehen ist, durchgeführt.

Für das Plangebiet liegt kein verbindlicher Bebauungsplan vor.

4.0 ÖFFENTLICHE BELANGE

4.1 Belange von Natur und Landschaft

Gleichzeitig mit der Änderung des Flächennutzungsplanes wird der vorhabenbezogene Bebauungsplan Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“ im Parallelverfahren gem. § 8 (3) BauGB aufgestellt. Auf Ebene der verbindlichen Bauleitplanung wurde gem. § 2 (4) Satz 1 BauGB i. V. m. § 2a Nr. 2 BauGB ein Umweltbericht mit einer umfassenden Beschreibung und Bewertung der voraussichtlichen Umweltauswirkungen für das gesamte Planvorhaben im Geltungsbereich des vorhabenbezogenen Bebauungsplanes

Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“ erstellt. Dieser Umweltbericht wird auch für die Änderung des Flächennutzungsplanes herangezogen. Aufgabe des Umweltberichts ist es, die Belange des Umwelt- und Naturschutzes sowie der Landschaftspflege so umfassend zu berücksichtigen, dass die Beeinträchtigungen des Naturhaushaltes, die mit der Realisierung des Vorhabens verbunden sind, sofern möglich, vermieden, minimiert oder kompensiert werden können. Dies ist auf Grundlage der angewandten Eingriffsregelung im Rahmen des Umweltberichts geschehen. Der Umweltbericht zu dem vorhabenbezogenen Bebauungsplan Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“ ist verbindlicher Bestandteil der Begründung der vorliegenden Planung.

Die mit dem Vorhaben verbundenen Eingriffe in Natur und Landschaft werden im Rahmen des vorhabenbezogenen Bebauungsplanes Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“ kompensiert. Die Durchführung der Kompensation wird über entsprechende Regelungen in einem städtebaulichen Vertrag zwischen der Gemeinde Rastede und den Vorhabenträgern sichergestellt.

4.2 Belange des Denkmalschutzes

Im Rahmen der Bauleitplanung sind gem. § 1 (6) Nr. 5 BauGB die Belange des Denkmalschutzes und der Denkmalpflege zu beachten.

Folglich wird nachrichtlich auf die Meldepflicht von ur- und frühgeschichtlichen Bodenfunden im Zuge von Bauausführungen mit folgendem Text hingewiesen:

Sollten bei den geplanten Bau- und Erdarbeiten ur- oder frühgeschichtliche Bodenfunde (das können u. a. sein: Tongefäßscherben, Holzkohleansammlungen, Schlacken sowie auffällige Bodenverfärbungen u. Steinkonzentrationen, auch geringe Spuren solcher Funde) gemacht werden, sind diese gem. § 14 Abs. 1 des Nds. Denkmalschutzgesetzes (NDSchG) meldepflichtig und müssen der zuständigen unteren Denkmalschutzbehörde des Landkreises Ammerland oder dem Niedersächsischen Landesamt für Denkmalpflege – Referat Archäologie – Stützpunkt Oldenburg, Ofener Straße 15, Tel. 0441/799-2120 unverzüglich gemeldet werden. Meldepflichtig sind der Finder, der Leiter der Arbeiten oder der Unternehmer. Bodenfunde und Fundstellen sind nach § 14 Abs. 2 des NDSchG bis zum Ablauf von 4 Werktagen nach der Anzeige unverändert zu lassen, bzw. für ihren Schutz ist Sorge zu tragen, wenn nicht die Denkmalschutzbehörde vorher die Fortsetzung der Arbeit gestattet.

4.3 Belange des Bodenschutzes / Altablagerungen / Kampfmittel

Im Rahmen des Altlastenprogramms des Landes Niedersachsen haben die Landkreise gezielte Nachermittlungen über Altablagerungen innerhalb ihrer Grenzen durchgeführt und entsprechendes Datenmaterial gesammelt. Dieses wurde vom Niedersächsischen Landesamt für Wasser und Abfall (NLWA) bewertet. Nach diesen Unterlagen liegen im Plangebiet keine Altablagerungen vor.

Sollten bei den geplanten Bau- und Erdarbeiten weitere Hinweise auf Altablagerungen zutage treten, so ist unverzüglich die untere Bodenschutzbehörde des Landkreises Ammerland zu benachrichtigen.

Grundsätzlich sind bei geplanten Baumaßnahmen oder Erdarbeiten die Vorschriften des vorsorgenden Bodenschutzes zu beachten, d. h. jeder, der auf den Boden einwirkt, hat sich so zu verhalten, dass schädliche Bodenveränderungen nicht hervorgerufen werden. Grundstückseigentümer bzw. Nutzer sind verpflichtet, Maßnahmen zur Abwehr der von ihrem Grundstück drohenden schädlichen Bodenveränderung zu ergreifen (Grundpflichten gem. § 4 BBodSchG).

4.4 Belange des Immissionsschutzes

Im Rahmen der Bauleitplanung sind die mit der Planung verbundenen, unterschiedlichen Belange untereinander und miteinander zu koordinieren, so dass Konfliktsituationen vermieden und die städtebauliche Ordnung sichergestellt wird. Es sind die allgemeinen Anforderungen und die Belange des Umweltschutzes gem. § 1 (6) Nr. 1 BauGB zu beachten. Schädliche Umwelteinwirkungen sind bei der Planung nach Möglichkeit zu vermeiden (§ 50 BImSchG). Die mit dem Planvorhaben verfolgte Nutzung von Windenergieanlagen ist allgemein mit Emissionsentwicklungen verbunden. Neben den Betriebsgeräuschen (Schallentwicklung) ist durch die rotierenden Anlagen mit Schattenwurf zu rechnen, der sich beeinträchtigend auf den Menschen auswirken kann.

4.4.1 Schallimmissionen

Zur Prüfung der mit dem Planvorhaben verbundenen Schallimmissionen wurde durch das Ingenieurbüro PLANkon, Oldenburg ein Geräuschimmissionsgutachten (Bericht-Nr.: PK 2016039-SLG-A, 06.02.2018, s. Anlage) erstellt. Hierbei wurde ein Gutachten für zwei Windenergieanlagen im Bereich des Standortes Lehmdermoor erstellt.

Als immissionsrelevante Windenergieanlagen wurden hierbei die Anlagen vom Typ ENERCON E-82 E2 (TES) mit 108,4 m Nabenhöhe und einer Nennleistung von 2.300 kW zugrunde gelegt. Für die Berechnungen wurde ein Schallleistungspegel von 101,8 dB (A) (Ergebniszusammenfassung der Fa. Kötter - Auszug aus dem Bericht Nr. 214585-01.01) berücksichtigt.

Der Gutachter hat in seiner aktuellen Untersuchung die LAI „Hinweise zum Schallschutz bei Windkraftanlagen (WKA)“ in der Fassung von 2017 berücksichtigt. Das Berechnungsverfahren ist bei der Berücksichtigung der LAI 2017 etwas verändert und dieses Verfahren setzt sich in der Planungspraxis aktuell durch. Diese LAI Hinweise, sind aufgrund eines noch nicht dazu vorliegenden Erlasses in Niedersachsen rechtlich noch nicht verbindlich eingeführt worden. Dennoch werden von vielen Landkreisen schon die Berechnungen nach neuer LAI gefordert, obwohl die genauen Festsetzungen zur Anwendung in Niedersachsen noch nicht vorliegen. Um der aktuellen Praxis Rechnung zu tragen, hat der Gutachter die LAI im Stand 2017 daher schon heute zu Grunde gelegt.

Im näheren Umfeld zu den geplanten Windenergieanlagen bestehen aktuell keine weiteren Windenergieanlagen. Als schalltechnische Vorbelastung auszuschließen sind aufgrund der großen Distanz zum geplanten Windenergie-Standort der mind. 3,7 km südwestlich gelegene Windpark Liethe, der ca. 6 km nordöstlich geplante Windpark Varel / Rastede sowie der 3,8 km weiter nördlich genehmigte Windpark Nordbollenhagen. Als Vorbelastung wurde der ca. 2,2 km südöstlich beantragte Windpark Ovelgönne-Culturweg überprüft. Die Berechnung ergibt jedoch, dass der hier untersuchte Planungsstandort gem. TA Lärm außerhalb des Einwirkungsbereiches des geplanten Windparks Ovelgönne-Culturweg liegt. Von anderen zu berücksichtigenden Vorbelastungen wird nicht ausgegangen.

Die maßgeblichen Immissionsorte sind die nächstgelegenen Wohngebäude im Außenbereich und an den Ortsrändern für die, entsprechend ihrer vornehmlichen Lage im Außenbereich, der Richtwert der TA-Lärm für Dorf- oder Mischgebiete zugrunde gelegt wurde (Richtwert Tag/Nacht in dB(A) 60/45).

Anhand des rechnerischen Beurteilungsverfahrens wurde die Schallimmissionsbelastung an den relevanten Immissionsorten mit dem Ergebnis geprüft, dass an allen Immissionspunkten der zulässige Richtwert von 45 dB (A) eingehalten wird. Als Immissionspunkt mit dem höchsten Immissionspegel sowie dem geringsten Abstand zum Richtwert ergibt sich in der Berechnung der Gesamtbelastung der Immissionspunkt Lehmderm Str. 3, Jaderkreuzmoor.

Das Gutachten kommt zu dem Ergebnis, dass die zwei geplanten Anlagen tagsüber und auch nachts bei Volllast betrieben werden können.

Innerhalb der festgesetzten Sondergebiete (SO WEA 1-2) mit der Zweckbestimmung Windenergieanlagen (WEA) gem. § 11 BauNVO dürfen Windenergieanlagen mit einem maximalen Schalleistungspegel (inkl. Sicherheitszuschlag) für die maßgeblichen Nachtzeit (22 bis 6 Uhr) von 103,3 dB(A) betrieben werden. Die Windenergieanlagen sind hinsichtlich des Schalleistungspegels so zu betreiben, dass die Immissionsrichtwerte gem. TA-Lärm eingehalten werden.

Tieffrequente Geräusche/ Infrasschall

Zu den möglichen Infrasschallimmissionen, die von Windenergieanlagen ausgehen können, wurden in der Vergangenheit umfangreiche Untersuchungen vorgenommen. Grundsätzlich strahlen, wie jedes andere hohe Bauwerk auch Windenergieanlagen durch Wirbelbildung Infrasschall aus. Als Infrasschall wird Schall im Frequenzbereich < 20 Hz bezeichnet. Wahrnehmbar durch das menschliche Ohr ist dieser Frequenzbereich erst ab einem Schallpegel von 71 dB (Hörschwellenpegel im Infrasschallbereich gem. DIN 45680), Gesundheitsgefährdungen können erst ab einem Pegel von 120 dB erwartet werden (DEWI, Deutsches Windenergieinstitut Wilhelmshaven). Der Infrasschallpegel nimmt mit zunehmender Entfernung ab. Bei Messung an vergleichbaren Windenergieanlagen wurde festgestellt, dass die abgestrahlten Schallpegel im Infrasschallbereich (< 20 Hz) bei den durch die Wohnnutzung eingehaltenen Abständen weit unterhalb der Wahrnehmbarkeitsschwelle liegen.

4.4.2 Schattenwurf der Windenergieanlagen

Zur Prüfung der mit dem Planvorhaben verbundenen Schattenwurfbelastung wurde durch das Ingenieurbüro PLANkon, Oldenburg ein Schattenwurfgutachten (Bericht-Nr.: PK 2016039, 05.02.2018, s. Anlage) für die zwei Windenergieanlagen im Bereich des Standortes Lehmdermoor erarbeitet.

Die Schattenwurfberechnung erfolgte unter Berücksichtigung aller immissionsrelevanten Windenergieanlagen (WEA) im Untersuchungsraum. Diese umfassen die zwei Windenergieanlagen der Typ ENERCON E-82 E2 (TES) mit 108,4 m Nabenhöhe. Als maßgebliche Immissionsorte (IO) wurden die nächstgelegenen Wohngebäude in der Umgebung ausgewählt, für die von erhöhter potenzieller Schattenwurfimmission ausgegangen werden kann.

Im Mai 2002 sind durch einen Erlass des Niedersächsischen Umweltministeriums die "Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen" für Niedersachsen als Grundlage im Genehmigungsverfahren festgelegt worden.

Im Rahmen des Schattenwurfgutachtens zeigte sich, dass eine Überschreitung des Jahresrichtwertes von 30 Stunden für die astronomisch mögliche Beschattungsdauer an insgesamt vier der 15 betrachteten Immissionspunkte zu erwarten ist. An diesen Immissionspunkten sollte das Jahresmaximum auf 30 Stunden pro Jahr begrenzt werden.

Eine Überschreitung des Tagesrichtwertes von 30 Minuten astronomisch möglicher Beschattungsdauer ist an vier Immissionspunkten durch die Gesamtbelastung mit den vorhandenen Windenergieanlagen zu erwarten. An diesen vier Immissionspunkten sollte das Tagesmaximum auf 30 Minuten pro Tag begrenzt werden.

Bei dem Immissionspunkt mit der höchsten astronomisch möglichen Beschattungszeit pro Jahr handelt es sich um das Wohngebäude Kreuzmoorstraße 42, Jaderkreuzmoor (IP F). Für diesen IP ergeben sich astronomisch möglichen Beschattungszeiten von 47:35 Stunden pro Jahr. Bei den Immissionspunkten mit der höchsten astronomisch möglichen Beschattungszeit je Tag handelt es sich ebenfalls um das Wohngebäude Kreuzmoorstraße 42, Jaderkreuzmoor (IP F). Für diese IP ergibt sich eine astronomisch mögliche Beschattungszeit von 53 Minuten je Tag. Diese Zeiten können jedoch nur bei

wolken- bzw. dunstfreiem Himmel und ungünstigster Rotorstellung (Rotor senkrecht zur Richtung Sonne – Betrachter) erreicht werden. Angesichts der zu erwartenden Beschattungszeiten unter Berücksichtigung der tatsächlichen Sonnenscheindauer und der Windrichtungsverteilung reduzieren sich die Beschattungszeiten deutlich.

Aufgrund der Überschreitungen an den Immissionspunkten ist eine Verminderung der Beeinträchtigungen durch Rotorschattenwurf herbeizuführen. Hierbei ist das Betriebsführungssystem der Windenergieanlagen so anzupassen oder durch Zusatzgeräte so auszustatten, dass die Windenergieanlage bei Überschreitungen zeitweise abgeschaltet wird.

Hieraus wird ersichtlich, dass anhand der Programmierung der astronomisch möglichen Schattenwurfzeiten sowie der Messung der tatsächlichen Sonneneinstrahlung eine Abschaltung bei Überschreitung der zulässigen Werte gewährleistet ist. Die Aktivierung der Schattenabschaltung wird von der Datenfernübertragung protokolliert und über mehrere Jahre gespeichert. Der Einsatz der Schattenwurfabschaltmodule entsprechend den Inhalten des Gutachtens wird im Rahmen des Durchführungsvertrages zum vorhabenbezogenen Bebauungsplan Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“ verbindlich geregelt. Den Belangen des Immissionsschutzes wird auf diese Weise Rechnung getragen.

4.5 Belange der Luftfahrt

Bei Bauhöhen von über 100 m über Grund wird generell eine Tag/Nacht-Kennzeichnung als Luftfahrthindernis sowohl für den militärischen als auch für den zivilen Flugbetrieb gemäß der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV) zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen in der aktuell gültigen Fassung notwendig. Nach § 14 i. V. m. § 31 und § 12 Luftverkehrsgesetz (LuftVG) bedürfen die Anlagen zudem der Erteilung einer Genehmigung durch die zuständige Luftfahrtbehörde. Die Anforderungen der militärischen und zivilen Luftfahrt an die Kennzeichnungs- und Genehmigungspflicht der geplanten Windenergieanlagen werden im Rahmen des BImSch - Genehmigungsverfahrens berücksichtigt. Die Genehmigungspflicht bei Bauwerkshöhen über 100 m über Grund nach § 14 LuftVG wird im vorhabenbezogenen Bebauungsplan Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“ nachrichtlich übernommen.

Im Rahmen des Durchführungsvertrages zwischen der Gemeinde Rastede und dem Vorhabenträger wird soll der Einsatz einer bedarfsgerechten Befeuerung vereinbart werden. Ziel ist es, die Befeuerung so zu steuern, dass diese nur bei tatsächlichem Überflug eines Flugobjektes zum Einsatz gebracht werden muss. In der übrigen Nachtzeit bleibt der Windpark dann „unbeleuchtet“, eine dauerhafte blinkende Kennzeichnung wird so vermieden.

Bezüglich umliegender Radarstationen wurde durch die Airbus Defence and Space GmbH eine Signaturtechnische Untersuchung durchgeführt. Diese Untersuchung kommt für die Radarstationen Wittmundhafen und Brockzetel zu folgendem Ergebnis.

Zum Radar Wittmundhafen:

Unter Abwägung der verschiedenen untersuchten Überflugpfade ist die Realisierung der geplanten WEAs als Enercon E82 E2 radartechnisch zulässig, da keine relevanten Zielverlustwahrscheinlichkeiten festzustellen sind, die zu einem Trackabbruch für ein LFZ mit einem RQS von 3 m² (Klasse Cessna oder größer) führen. Eine Fremdschaltung für die geplanten WEAs ist daher nicht notwendig.

Zum Radar Brockzetel:

Für die untersuchte Frequenz von 3,1 GHz ist eine Reichweitenreduktion auf minimal 98,31 % des ungestörten Falls zu erwarten. Damit ist keine Reichweitenreduktion mess-

bar. Eine Reichweitenreduktion ist erst bei unter 96,2 % des ungestörten Falles gegeben. Die Planung ist radartechnisch bzgl. LV-Radar Brockzetel zulässig. Es ist keine messbare Reichweitenminderung zu erwarten.

4.6 Belange der Verkehrssicherheit / Eisabwurf

Grundsätzlich besteht bei Windenergieanlagen eine potenzielle Gefährdung durch Eisabwurf. Bei Temperaturen um und unterhalb des Gefrierpunktes kann es bei einer entsprechenden Luftfeuchtigkeit an den Vorderseiten der Rotorblätter von Windenergieanlagen zur Bildung von Eis, Raureif oder Schneeablagerungen kommen. Insbesondere bei den derzeit üblichen Windenergieanlagen mit Nabenhöhen über 100 m erfolgt die Eisbildung bereits durch das Durchlaufen der Rotorblätter durch Gebiete mit hoher Feuchtigkeit, z. B. bei tief hängenden Wolken und bei Hochnebel. Aufgrund der Drehbewegung der Rotorblätter können die gebildeten Eisablagerungen mehr als über 100 m weit geschleudert werden, was eine wesentliche Gefährdung von Personen und Sachen und insgesamt eine Beeinträchtigung der öffentlichen Sicherheit in besiedelten Gebieten oder im Bereich von Verkehrswegen darstellt.

Aufgrund der Besonderheiten einer Windenergieanlage mit drehendem Rotor ergeben sich daher neben den erforderlichen Abstandsflächen gem. NBauO zudem Forderungen zur Abstandshaltung wegen Eisabwurfgefahr. Gemäß Anlage 1 Nr. 2.7.9 der aktuellen Liste Technischen Baubestimmungen ist die Richtlinie „Windenergieanlagen; Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“ in Verbindung mit der dazugehörigen Anlage 1 Nr. 2.7/12 Ziffer 2 gelten Abstände größer als $1,5 \times$ (Rotordurchmesser + Nabenhöhe) zu Verkehrswegen und Gebäuden in der Regel als ausreichend anzusehen. Diese Abstände können unterschritten werden, sofern Einrichtungen installiert werden, durch die der Betrieb der Windenergieanlage bei Eisansatz sicher ausgeschlossen werden kann oder durch die ein Eisansatz verhindert werden kann. Eine gutachterliche Stellungnahme eines Sachverständigen zur Funktionssicherheit dieser Einrichtungen ist als Teil der Bauvorlagen vorzulegen.

Die im Plangebiet vorgesehenen Windenergieanlagen sind, sofern Abstände z. B. zu Verkehrswegen dies erfordern, mit einem automatischen Eiserkennungs- und Maschinenabschaltsystem auszustatten. Die Funktionsweise dieser Systeme stellt sich wie folgt dar. Möglicher Eisansatz wird durch das Betriebsführungssystem der Windenergieanlagen erkannt, in dem die aktuellen Werte für Leistung und Windgeschwindigkeit der Anlagen erfasst und mit dem vorgegebenen Betriebskennfeld verglichen werden. Eine entsprechende Abweichung deutet auf eine Verschlechterung der Rotorblattodynamik durch Eisansatz hin – es erfolgt eine Abschaltung der Anlage. Aufgrund der hohen Empfindlichkeit der aerodynamischen Profile wird die Windenergieanlage bereits abgeschaltet bevor das Eis in einer gefährdenden Dicke auf dem Rotorblatt abgelagert wird. Zusätzlich werden auch Turm- und Treibstangenschwingungen erkannt, die durch vereisungsbedingte Zusatzmassen am Rotor entstehen. Auch sie führen zu einer Abschaltung der Anlage. Die Anlage wird erst nach einem manuellen Reset wieder in Betrieb gesetzt.

Der Einsatz eines Eiserkennungs- und Maschinenabschaltsystem ist durch einen Hinweis im vorhabenbezogenen Bebauungsplan Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“ kenntlich gemacht und wird im Rahmen des BImSch-Genehmigungsverfahrens sichergestellt.

5.0 INHALTE DES BEBAUUNGSPLANES

5.1 Vorhaben- und Erschließungsplan

Dem vorhabenbezogene Bebauungsplan Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“ ist ein Vorhaben- und Erschließungsplan und eine Vorhabenbeschreibung gem. § 12 (3) BauGB beigelegt. In den entsprechenden Unterlagen ist das Vorhaben eindeutig beschrieben.

5.2 Art der baulichen Nutzung

Anlässlich des aktuellen Entwicklungsvorhabens werden mit dem vorhabenbezogenen Bebauungsplan Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“ die planungsrechtlichen Voraussetzungen für die Errichtung eines Windparks mit zwei Windenergieanlagen geschaffen, um die Windenergienutzung in der Gemeinde Rastede im Sinne von § 1 (6) Nr. 7f BauGB (Nutzung erneuerbarer Energien) weiterzuentwickeln.

Im Rahmen der vorliegenden Planung werden daher die Anlagenstandorte inkl. der von den Rotoren überstrichenen Flächen als sonstige Sondergebiete (SO) mit der Zweckbestimmung „Windenergieanlagen“ gem. § 11 (2) BauNVO festgesetzt.

Zur Realisierung der geplanten Maßnahmen sollen zwei Windenergieanlagen errichtet werden. In dem vorhabenbezogenen Bebauungsplan Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“ werden jeweils im Bereich der geplanten Anlagenstandorte überbaubare Grundstücksflächen in Anlehnung an einen Kreisradius entsprechend dem maximal zulässigen Rotordurchmesser festgelegt.

Innerhalb der überbaubaren Grundstücksflächen sind die für den Betrieb der Windenergieanlagen notwendigen baulichen Anlagen und technischen Einrichtungen unterzubringen. Zur Steuerung einer zweckgebundenen Nutzung sind auf den festgesetzten überbaubaren Grundstücksflächen ausschließlich folgende Nutzungen zulässig:

- Windenergieanlagen (WEA)
- notwendige Infrastrukturanlagen
- landwirtschaftliche Nutzungen

Die Flächen außerhalb der überbaubaren Bereiche werden überlagernd als Flächen für die Landwirtschaft festgesetzt, um die Bewirtschaftung der Freiflächen zwischen den Anlagenstandorten weiterhin sicherzustellen.

5.3 Maß der baulichen Nutzung

Innerhalb des festgesetzten Sondergebietes (SO WEA) wird das Maß der baulichen Nutzung über die Festlegung einer maximal zulässigen Grundfläche (GR) gem. § 16 (2) Nr. 1 BauNVO je Anlagenstandort bestimmt.

Zur Begrenzung der Flächenversiegelung auf das notwendige Mindestmaß wird, bezogen auf die einzelnen überbaubaren Grundstücksflächen eine nutzungsspezifische Grundfläche (GR) festgesetzt, die sich aus dem Flächenanteil für die notwendigen Aufstell- und Erschließungsflächen (Fundament, Kranstellflächen etc.) im Bereich der einzelnen Anlagenstandorte ergibt. Die im Bebauungsplan gesondert außerhalb der überbaubaren Flächen gem. § 9 (1) Nr. 11 BauGB als private Verkehrsflächen festgesetzten Erschließungswege sind hierbei nicht zu berücksichtigen. Eine Überschreitung dieser festgesetzten Grundfläche (GR) von 1.700 m² nach § 19 (4) BauNVO wird zur Minimierung der Flächenversiegelung nicht zugelassen.

Innerhalb des Sondergebietes (SO WEA) wird das Maß der baulichen Nutzung zudem über die Festsetzung der Höhe der Windenergieanlagen gem. § 16 (2) Nr. 4 BauNVO definiert. Die maximale Bauhöhe der neu geplanten Windenergieanlagen beträgt jeweils 150 m.

Für die festgesetzten Höhen gelten folgende Bezugspunkte gem. § 18 (1) BauNVO:

- Oberer Bezugspunkt: Nabenhöhe der Anlage plus halbem Rotordurchmesser (senkrechte Rotorspitze)
- Unterer Bezugspunkt: Oberkante der nächstgelegenen privaten Erschließungsstraße der jeweiligen Windenergieanlage

5.4 Überbaubare und nicht überbaubare Grundstücksflächen

Die überbaubaren und nicht überbaubaren Grundstücksflächen werden innerhalb des Sondergebietes (SO WEA) über die Festsetzung von Baugrenzen gem. § 23 (3) BauNVO so definiert, dass sie für die Errichtung der geplanten Windenergieanlagen ausreichend dimensioniert sind. Dementsprechend werden um die insgesamt zwei neu geplanten Windenergieanlagenstandorte überbaubare Grundstücksflächen angeordnet. Hierdurch werden sowohl der Anlagenstandort selbst als auch die Projektionsfläche, die durch den Rotor überstrichen wird, abgedeckt.

Durch die Festsetzung der überbaubaren Grundstücksflächen werden die Standorte der Anlagen exakt definiert.

5.5 Öffentliche Verkehrsfläche

Die äußere Erschließung erfolgt über die Lehmdor Straße (K131). Von dieser öffentlichen Straße werden die einzelnen Anlagen durch private landwirtschaftliche Straßen / Genossenschaftswege erschlossen. Um die Anbindung an das überörtliche Straßennetz möglich zu machen, muss ein Teil (hier 30,0 m) als öffentliche Straßenverkehrsfläche gewidmet und gemäß der Vorgaben der NLStBV ausgebaut werden. Die ersten 30,0 m der landwirtschaftliche Straße, die an die Lehmdor Straße grenzen, werden daher als öffentliche Verkehrsfläche gem. § 9 (1) Nr. 11 BauGB festgesetzt.

5.6 Verkehrsflächen besonderer Zweckbestimmung

Die innere Erschließung der Anlagenstandorte erfolgt durch private landwirtschaftliche Straßen / Genossenschaftswege.

Die planungsrechtliche Absicherung dieser Wege erfolgt über die Festsetzung von Verkehrsflächen besonderer Zweckbestimmung gem. § 9 (1) Nr. 11 BauGB. Zu diesen Erschließungsflächen gehören nicht nur die privaten Verkehrswege, sondern auch die den Anlagen jeweils zugeordneten Kranstellflächen. Diese sowie die übrigen privaten Verkehrsflächen sind entsprechend ihrem Nutzungszweck und zur Minimierung der Versiegelung aus wasserdurchlässigem Material (Schotterbauweise) herzustellen. Die heutige Zuwegung zu den landwirtschaftlichen Flächen erfolgt über einen Weg parallel zum Lehmdermoorgraben. Da der Weg, aufgrund der Nähe zum Lehmdermoorgraben nicht geeignet ist die Lasten zur Erschließung der Windenergieanlagen aufzunehmen, muss hier eine Verschiebung bzw. Verbreiterung des vorhandenen Weges erfolgen. Diese Verbreiterung nach Norden, über das heutige Flurstück hinaus, geschieht zu Lasten des dort verlaufenden Grabens und der dort vorhandenen Gehölze. Der Lehmdermoorgraben kann so jedoch geschützt werden, sodass es nicht erforderlich wird auf ganzer Länge eine Spundwand entlang des Weges zu errichten.

5.7 Fläche für die Landwirtschaft und Wald

Die überwiegenden Flächen innerhalb des Geltungsbereiches sind heute landwirtschaftliche Flächen und sollen als solche auch in Zukunft genutzt werden. Aus diesem Grund werden diese Flächen um die Windenergieanlagenstandorte und die notwendigen Erschließungswege entsprechend der gegenwärtigen Nutzung für die weitere Bewirtschaftung für landwirtschaftliche Zwecke gesichert. Den landwirtschaftlichen Belangen und den Entwicklungsinteressen der örtlichen Landwirte wird somit Rechnung getragen.

6.0 ÖRTLICHE BAUVORSCHRIFTEN

Im Rahmen des vorhabenbezogenen Bebauungsplanes Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“ werden örtliche Bauvorschriften gem. § 84 der Niedersächsischen Bauordnung (NBauO) entsprechend des Planvorhabens definiert, die für den gesamten Geltungsbereich des vorhabenbezogenen Bebauungsplanes Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“

gelten. Sie umfassen gestalterische Vorgaben bezüglich der Farbgebung, Werbeanlagen und der Lichtanlagen, um im Hinblick auf das Landschaftsbild und die Fernwirkung eine verträgliche Gestaltung der Anlagenstandorte zu sichern.

Der räumliche Geltungsbereich der örtlichen Bauvorschriften entspricht dem Geltungsbereich des vorhabenbezogenen Bebauungsplans Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“.

Anlagentyp

Die Windenergieanlagen müssen als geschlossene Körper errichtet werden.

Farbgebung

Die einzelnen Bauteile der Windenergieanlagen (WEA) sind in einem matten, weißen bis hellgrauen Farbton anzulegen.

Ausnahmsweise können im unteren Bereich des Windenergieanlagenturms mattierte grüne Farbtöne gewählt werden. Hierbei ist eine Abstufung der Farbtöne von dunkel- auf hellgrün, jeweils von unten ausgehend, bis zu einer Höhe von maximal 20,00 m zulässig.

Die Außenfassaden von Umspannwerken und Nebenanlagen (Hochbauten wie z.B. erforderliche Kompaktstationen) sind mit einem dauerhaft matten hellgrauen oder schilfgrünen Anstrich zu versehen.

Werbeanlagen

Innerhalb des Geltungsbereiches sind Werbeanlagen und Werbeflächen nicht zulässig. Ausgenommen ist die Eigenwerbung des Herstellers, bezogen auf den installierten Anlagentyp. Die Werbeaufschrift ist auf die Anlagengondel zu beschränken. Lichtwerbung oder die Beleuchtung der Werbeschrift ist unzulässig.

Lichtanlagen

Beleuchtungskörper an baulichen Anlagen und als eigenständige Außenleuchten sind nicht zulässig. Ausgenommen ist die notwendige Beleuchtung für Wartungsarbeiten sowie Kennzeichnungen gemäß Luftverkehrsgesetz.

7.0 VERKEHRLICHE UND TECHNISCHE INFRASTRUKTUR

• Äußere Erschließung

Die Verkehrsanbindung des Plangebietes erfolgt über die Lehmdorfer Straße (K 131).

• Gas- und Stromversorgung, Schmutz- und Abwasserversorgung, Wasserversorgung, Abfallbeseitigung

Die Ver- und Entsorgung des Plangebietes bezüglich der o. g. Aspekte ist entsprechend der angestrebten Nutzungsform nicht erforderlich.

• Oberflächenentwässerung

Die Oberflächenentwässerung erfolgt über Anschluss an das vorhandene Entwässerungssystem.

• Fernmeldetechnische Versorgung

Die fernmeldetechnische Versorgung des Plangebietes wird innerhalb der Ausführungsplanung geregelt.

• Sonderabfälle

Sonderabfälle sind vom Abfallerzeuger einer ordnungsgemäßen Entsorgung zuzuführen.

- **Brandschutz**
Die Löschwasserversorgung wird entsprechend den jeweiligen Anforderungen im Zuge der Ausführungsplanung sichergestellt.
- **Anbindung an das öffentliche Stromnetz**
Die Anbindung an das öffentliche Stromnetz ist im Rahmen der konkreten Planungen sicherzustellen.

8.0 VERFAHRENSGRUNDLAGEN/-VERMERKE

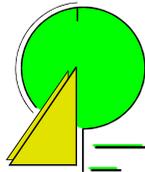
8.1 Rechtsgrundlagen

- **BauGB** (Baugesetzbuch),
- **BauNVO** (Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke: Baunutzungsverordnung),
- **PlanzV** (Verordnung über die Ausarbeitung der Bauleitpläne und die Darstellung des Planinhaltes: Planzeichenverordnung),
- **NBauO** (Niedersächsische Bauordnung),
- **BNatSchG** (Bundesnaturschutzgesetz),
- **NAGBNatSchG** (Nieders. Ausführungsgesetz z. Bundesnaturschutzgesetz),
- **NKomVG** (Nieders. Kommunalverfassungsgesetz).

8.2 Planverfasser

Die Ausarbeitung des vorhabenbezogenen Bebauungsplanes Nr. 12 „Windenergie Lehmdermoor“ erfolgte im Auftrag der Windkonzept Projektentwicklungs GmbH & Co. KG für die Gemeinde Rastede durch

Diekmann •
Mosebach
& Partner



Regionalplanung
Stadt- und Landschaftsplanung
Entwicklungs- und Projektmanagement

Oldenburger Straße 86 - 26180 Rastede
Telefon (0 44 02) 9116-30
Telefax (0 44 02) 9116-40
www.diekmann-mosebach.de
mail: info@diekmann-mosebach.de

Anlagen

- Anlage 1: „Geräuschimmissionsgutachten für den Betrieb von 2 Windenergieanlagen Typ Enercon E-82 E2 (2,3 MW, TES) mit 108,4 m Nabenhöhe am Standort Lehmdermoor, 26180 Rastede“, Berichtsnummer PK 2016039-SLG-A, 05.02.2018, PLANKon, Blumenstraße 26, 26121 Oldenburg
- Anlage 2: „Schattenwurfgutachten für den Betrieb von 2 Windenergieanlagen Typ Enercon E-82 E2 (2,3 MW, TES) mit 108,4 m Nabenhöhe am Standort Delfshausen, 26180 Rastede“, Berichtsnummer PK 2016039, 05.02.2018, PLANKon, Blumenstraße 26, 26121 Oldenburg
- Anlage 3a: Vorhaben- und Erschließungsplan „Errichtung von 2 Windenergieanlagen des Typs ENERCON E-82 E2 / 108,38mNh“.
- Anlage 3b: Vorhabenbeschreibung „Kurzbeschreibung“
- Anlage 4: Signaturtechnisches Gutachten zur Planung von Windenergieanlagen im Bereich Delfshausen im Einflussbereich der militärischen Radaranlagen Brockzetel und Wittmund (Gutachten Nr.: TAEYO2-334/16)

GERÄUSCHIMMISSIONSGUTACHTEN

für den Betrieb von

2 WINDENERGIEANLAGEN

TYP ENERCON E-82 E2 (2,3 MW, TES) MIT 108,4 M NABENHÖHE

am Standort

LEHMDERMOOR, 26180 RASTEDE

AUFTRAGGEBER: Windkonzept Projektentwicklungs GmbH & Co. KG
Mansholter Str. 30
26215 Wiefelstede

AUFTRAGNEHMER: Ingenieurbüro PLANKON
Dipl. Ing. Roman Wagner vom Berg
Blumenstr. 26
26121 Oldenburg
Tel.: 0441-390340

BERICHTSNUMMER: PK 2016039-SLG-A

DATUM: 05.02.2018

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Aufgabenstellung.....	4
2	Kartengrundlagen.....	4
3	Standortbeschreibung.....	5
4	Daten der emittierenden Windenergieanlagen.....	6
5	Infraschall.....	8
6	Randbedingungen und Berechnungsverfahren.....	12
7	Immissionsrichtwerte und Immissionspunkte.....	15
8	Betrachtung von gewerblichen Vorbelastungen	17
9	Ermittlung der Geräuschemissionen.....	18
10	Beurteilung.....	20
11	Quellenverzeichnis	21
12	Anlagen zum Geräuschemissionsgutachten 2 WEA Enercon E-82 E2 (2,3 MW) am Standort Lehdermoor	23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der berücksichtigten WEA.....	5
Tabelle 2: Für die Prognoseberechnung erforderliche Daten der berücksichtigten, bzw. geprüften, WEA	8
Tabelle 3: Wahrnehmungs-und Hörschwellen im Infraschallbereich gem. DIN 45680 /10/.....	9
Tabelle 4: Immissionsrichtwerte gemäß TA Lärm.....	15
Tabelle 5: Betrachtete Immissionspunkte mit Lagebeschreibung.....	16
Tabelle 6: Berechnungsergebnisse der Gesamtbelastung	19

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Messung des Infraschallpegels in 250 m Entfernung einer Nordex N54, LfU Bayern 2014 /8/	9
Abbildung 2: Ergebnisse der Immissionsmessung durch Kötter Consulting Engineers /12/... 10	
Abbildung 3: Infraschall von WEA und Autos im Vergleich, Quelle: LUBW & LGA Baden-Württemberg (Darstellung) /13/ und LfU Bayern (Daten) /8/	11

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Am Standort Lehmdermoor ist nahe Delfshausen, einem Ortsteil der Gemeinde Rastede, die Errichtung von zwei Windenergieanlagen (WEA) des Typs Enercon E-82 E2 (2,3 MW) mit einer Nabenhöhe von jeweils 108,4 m geplant. Der Rotordurchmesser der geplanten Anlagen beträgt 82,0 m und die Nennleistung beträgt je WEA 2.300 kW. Die WEA sind mit einem Blatthinterkantenkamm (TES - Trailing Edge Serrations), der die Schallentwicklung der WEA reduziert, ausgestattet.

Im näheren Umfeld zu den geplanten WEA bestehen aktuell keine weiteren WEA. Als schalltechnische Vorbelastung auszuschließen sind aufgrund der großen Distanz zum geplanten Windenergie-Standort der mind. 3,7 km südwestlich gelegene Windpark Lehmden, ein ca. 6 km nordöstlich geplanter Windpark bei Rosenberg (Gemeinde Varel) und Heubült (Gemeinde Rastede) sowie der etwa 3,8 km weiter nördlich genehmigte Windpark Nordbollenhagen. Als Vorbelastung zu berücksichtigen, bzw. zu überprüfen, ist allerdings der ca. 2,2 km südöstlich der geplanten WEA beantragte Windpark Ovelgönne-Culturweg, bestehend aus 7 WEA vom Typ Enercon E-115 TES und 2 WEA Enercon E-101.

Der Auftraggeber, die Windkonzept Projektentwicklungs GmbH & Co. KG, beauftragte das Ingenieurbüro PLANkon mit der Erstellung einer Geräuschimmissionsprognose für die drei geplanten Windenergieanlagen. Die hier vorgenommene Begutachtung erfolgt im Rahmen des BImSchG-Genehmigungsverfahrens.

Die hier vorliegende Neubearbeitung des Schallgutachtens zum bisher vorhandenen Gutachten, Bericht Nr. PK 2016039-SLG vom 08.07.2016, wurde infolge der Einführung des Interimsverfahrens /19/ zur Berechnung der Schallausbreitung bei Windkraftanlagen durch die LAI Hinweise 2017 /7/ zur Bestimmung der dadurch entstehenden Veränderungen sowie wegen der Reduzierung der geplanten WEA-Anzahl von 3 auf 2 erforderlich.

Eine Voraussetzung für den Betrieb von Windenergieanlagen ist die genehmigungsfähige Höhe der durch den Anlagenbetrieb verursachten Schallimmissionen an den für die Untersuchung relevanten Immissionspunkten. Die zu beurteilenden Immissionspunkte leiten sich aus den örtlichen Gegebenheiten unter Berücksichtigung ihrer Lage und Nutzung ab, bzw. aus der Festschreibung in der Bauleitplanung.

Im Rahmen dieses Gutachtens erfolgt eine Prognoseberechnung der entstehenden Geräuschimmissionen, die durch den Betrieb der Windenergieanlagen (WEA) hervorgerufen werden, für jeden relevanten Immissionspunkt. Die aus den Geräuschimmissionen entstehenden Umwelteinwirkungen werden hinsichtlich einer dem geltenden BImSchG /3/ entsprechenden Genehmigungsfähigkeit untersucht.

Die Windenergieanlagen sollen zu jeder Tages- und Nachtzeit betrieben werden können.

2 Kartengrundlagen

1. Topographische Karte im Maßstab 1 : 50.000
2. Topographische Karte (AK5) im Maßstab 1 : 5.000
3. Luftbilder im Maßstab 1 : 10.000

3 Standortbeschreibung

Die zur Gemeinde Jade gehörenden Ortschaften Jaderkreuzberg und Jaderlangstraße liegen im Landkreis Wesermarsch. Die Ortsteile Delfshausen und Lehmdermoor liegen in der Gemeinde Rastede im Landkreis Ammerland. Beide Gemeinden befinden sich in Niedersachsen.

Am Standort Lehmdermoor ist die Errichtung von zwei Windenergieanlagen (WEA) des Typs Enercon E-82 E2 (2,3 MW) mit einer Nabenhöhe von jeweils 108,4 m geplant. Der Rotordurchmesser der geplanten Anlagen beträgt 82,0 m und die Nennleistung beträgt je WEA 2.300 kW. Die geplante WEA vom Typ Enercon E-82 E2 (2,3 MW) ist an den Rotorblättern mit Blatthinterkantenkamm ausgestattet (TES – Trailing Edge Serrations).

Im näheren Umfeld zu den geplanten WEA bestehen aktuell keine weiteren WEA. Als schalltechnische Vorbelastung auszuschließen sind aufgrund der großen Distanz zum geplanten Windenergie-Standort der mind. 3,7 km südwestlich gelegene Windpark Lehmden, (8 WEA Neg Micon NM52 WEA, eine WEA Enercon E-58 und aktuell geplante Erweiterung um 3 WEA Enercon E-82 E2 TES), der ca. 6 km nordöstlich geplante Windpark Varel / Rastede (9 WEA Enercon E-82 E2 TES) sowie der etwa 3,8 km weiter nördlich genehmigte Windpark Nordbollenhagen (8 WEA Siemens SWT-3.0-113).

Als Vorbelastung zu berücksichtigen, bzw. zu überprüfen, ist allerdings der ca. 2,2 km südöstlich der geplanten WEA beantragte Windpark Ovelgönne-Culturweg, bestehend aus 7 WEA vom Typ Enercon E-115 (TES) und 2 WEA vom Typ Enercon E-101.

Tabelle 1: Übersicht der berücksichtigten WEA

Anzahl	Typ	Nabenhöhe [m]	Rotordurchmesser [m]	Nennleistung [kW]	Status
2	Enercon E-82 E2 (TES)	108,4	82,0	2.300	geplant
7	Enercon E-115 (TES)	135,4	115,7	3.000	beantragt
2	Enercon E-101	149,0	101,0	3.050	beantragt

Das Gebiet um den Standort stellt sich als hauptsächlich landwirtschaftlich genutzter Einwirkungsbereich dar. Lehmden im Osten und Rastede im Südosten in mind. 4 km Entfernung sind als nächstgelegene größere Ortschaften im Umfeld des geplanten Windparks zu nennen. Die Aufstellung der WEA ist südlich des Ortsteils Jaderkreuzmoor, westlich der Ortschaft Jaderlangstraße sowie nördlich und westlich von Delfshausen und Lehmdermoor geplant. Im näheren Umfeld zu den geplanten WEA befinden sich im Außenbereich liegende Hofstellen und Wohnhäuser an den Ortsrändern der genannten Ortsteile bzw. entlang der Straßen K 131 und L 864 im Norden. Die Anlagen besitzen zu der Wohnbebauung im Außenbereich eine Entfernung von mind. 590 m.

Im Vorfeld der Schallimmissionsprognose wurde geprüft, ob von dem im Landkreis Wesermarsch beantragten Windpark Ovelgönne-Culturweg aus neun WEA der Typen

Enercon E-115 (TES) und Enercon E-101 Schallimmissionen ausgehen, die in der vorliegenden Prognose als relevante Vorbelastung zu berücksichtigen sind. Die Berechnung zur Prüfung der möglichen Vorbelastung durch die vorhandenen WEA ergibt jedoch, dass der hier untersuchte Planungsstandort gem. TA Lärm außerhalb des Einwirkungsbereichs des geplanten Windparks Ovelgönne-Culturweg liegt (sh. Berechnungsergebnisse im Anhang). Näheres hierzu ist in Kap. 8 nachzulesen.

Als Immissionspunkte werden die als Wohnhäuser im Außenbereich und an den Ortsrändern gekennzeichneten Gebäude berücksichtigt. Die Koordinaten der geplanten Immissionspunkte wurden mit Hilfe der verwendeten Berechnungssoftware aus dem vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Kartenmaterial im Maßstab 1 : 5.000 ermittelt. Die Koordinaten der geplanten WEA wurden vom Auftraggeber vorgegeben.

4 Daten der emittierenden Windenergieanlagen

In diesem Gutachten kommen die aktualisierten „Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA)“ des LAI mit Stand 30.06.2016 /7/ zur Anwendung. Diese verweisen unter Kapitel 2, „Schallimmissionsprognosen“, auf das Interimsverfahren /19/.

Im Einzelnen bedeutet das, dass die Schallberechnungen der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung frequenzselektiv und unter Negierung der Bodendämpfung durchgeführt werden (siehe /15/).

Analog den Hinweisen in /7/ und in Anlehnung an den Windenergieerlass (WEE) Niedersachsen /17/ sind in den Schallimmissionsprognosen für WKA die Unsicherheit der Typvermessung σ_R , die Unsicherheit der Serienstreuung σ_P sowie die Unsicherheit des Prognosemodells σ_{Prog} zu berücksichtigen.

Die Berechnung der Gesamtunsicherheit (σ_{ges}) erfolgt in /7/ gemäß der nachfolgend dargestellten Formel.

$$\sigma_{ges} = \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_P^2 + \sigma_{Prog}^2}$$

σ_R : Unsicherheit der Emissionsvermessung, Standardwert $\sigma_R = 0,5$ dB, wenn die WEA FGW-konform vermessen wurde.

σ_P : Unsicherheit durch Serienstreuung, Standardwert: $\sigma_P = 1,2$ dB, wenn eine einzelne Typvermessung herangezogen wird. Ansonsten ist σ_P der Messberichts-Zusammenfassung zu entnehmen bzw. zu berechnen.

σ_{Prog} : Unsicherheit des Prognosemodells, Standardwert $\sigma_{Prog} = 1,0$ dB

Das Ergebnis aus der Berechnung der Gesamtunsicherheit der Schallimmissionsprognose wird zur Berücksichtigung einer oberen Vertrauensbereichsgrenze von 90 % gem. /7/ mit dem Faktor 1,28 multipliziert:

$$\Delta L = 1,28 \times \sigma_{ges}$$

1.) Volllast-Modus der geplanten WEA 01 bis 02, tags und nachts

Gemäß Ergebniszusammenfassung der Fa. Kötter (Auszug aus Bericht Nr. 214585-01.01, s. Anhang) vom 15.12.2014 ergibt sich bei dreifacher Vermessung der geplanten Windenergieanlage des Typs Enercon E-82 E2 (2,3 MW) in der Ausstattung mit Serrations (TES) bei Volllast-Betrieb (Betriebsmodus 0s) ein energetischer Mittelwert der Schalleistungspegel von 101,8 dB(A), bei einer Beurteilungssituation $v(10) = 9$ m/s. Dieser Wert wird als Emissionspegel bei den Berechnungen angesetzt. Mögliche Tonhaltigkeiten sind über diesen Wert hinaus nicht zu berücksichtigen.

Für den bereits dreifach vermessenen Volllast-Betrieb der geplanten WEA vom Typ Enercon E-82 E2 (2,3 MW) ist laut Messberichtzusammenfassung der Fa. Kötter ein Wert von $\sigma_p = 0,4$ dB zu berücksichtigen (s. Auszug aus dem Messbericht im Anhang). Demnach ergibt sich bei Berechnung mit den obenstehenden Formeln je WEA ein emissionsseitig auf den verwendeten Schalleistungspegel aufzuschlagender Zuschlag in Höhe von 1,5 dB(A):

$$\sigma_{\text{ges}} = \sqrt{0,5^2 + 0,4^2 + 1,0^2} \approx 1,19$$

$$L_o = L_m + 1,28 \times 1,19 = L_m + 1,52 \approx L_m + 1,5$$

Folgende Oktavband-Schalleistungspegel bei 9 m/s wurden der Messberichtzusammenfassung der Fa. Kötter entnommen:

Oktavbanddaten Volllast-Betrieb der geplanten WEA Enercon E-82/E2 2.300 KW

f [Hz]	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
Oktavband L_{WA} ohne Zuschläge [dB] *)	85,0	91,1	94,1	95,4	96,7	93,6	86,0	73,6
Zuschläge gem. LAI 06/2016	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Oktavband L_{WA} mit Zuschlägen [dB]	86,5	92,6	95,6	96,9	98,2	95,1	87,5	75,1

*) Die Überprüfung des Summenpegels, der sich aus den Oktavbanddaten der Messberichtsangaben ergibt, kommt zu einem Pegel von 101,8 dB(A).

Hinweis: Aufgrund der strengeren Richtwerte nach TA Lärm für den zu beurteilenden Nachtzeitraum (22 Uhr bis 6 Uhr) erfolgt im vorliegenden Gutachten keine Berechnung für den Tagzeitraum mit den entsprechenden höheren Richtwerten. Auch nachts können die beiden geplanten WEA jedoch auch im Volllastmodus betrieben werden (s. unten).

Eine im Vorfeld der Geräuschimmissionsprognose durchgeführte Berechnung zur **Prüfung des Einflusses der geplanten WEA im Windpark Ovelgönne-Culturweg ergibt, dass die neun beantragten WEA gem. TA Lärm keine relevante Vorbelastung darstellen**, da sich sämtliche, für die vorliegende Prognose maßgeblichen, Immissionspunkte außerhalb des Einwirkungsbereiches dieser WEA befinden (**vgl. Kap. 3 und 8**). Die Schalleistungspegel der beantragten WEA im Windpark Ovelgönne-Culturweg wurden dem vom Landkreis Wesermarsch zur Verfügung gestellten Schallimmissionsgutachten der Firma IEL /18/ entnommen und über das Referenzspektrum gem. /7/ daraus Oktavbandpegel errechnet. Da

eine Berücksichtigung der neun beantragten WEA nach TA Lärm nicht erforderlich ist, werden die Schalldaten dieser Anlagen hier nicht gesondert dargestellt.

Die wichtigsten, für die Prognoseberechnung erforderlichen Daten der untersuchten Windenergieanlagen folgen im Überblick:

Tabelle 2: Für die Prognoseberechnung erforderliche Daten der berücksichtigten, bzw. geprüften, WEA

Parameter	2 gepl. WEA 01 bis 02
WEA - Typ	Enercon E-82 E2 (TES), Betriebsmodus 0s (Volllast)
Nennleistung	2.300 kW
Rotordurchmesser	82,0 m
Nabenhöhe	108,4 m
Vermessung Schall	Kötter
max. Schallpegel	101,8 dB(A)
Tonhaltigkeit K_T	0,0 dB(A)
Impulshaltigkeit K_I	0,0 dB(A)
Zuschlag	1,5 dB(A)
Summe	103,3 dB(A)

5 Infraschall

Als Infraschall wird der Bereich des Lärmspektrums unterhalb einer Frequenz von 20 Hz definiert /8/. Es gibt verschiedene natürliche Quellen und künstliche Quellen, welche Infraschall verursachen können. Zu den natürlichen Quellen gehören zum Beispiel Vulkaneruptionen, Meeresbrandung, starker Wind, Gewitter etc. Zu den künstlichen Quellen zählen zum Beispiel Verkehrsmittel (Auto, Bus, Bahn, Flugzeug), Pumpen, Kompressoren, Sprengungen etc.

Es ist in der Regel feststellbar, dass auch im Lärmspektrum der Windenergieanlagen Infraschall vorkommt /8/ /9/. Schall in diesem Frequenzbereich kann gesundheitsgefährdend für Menschen sein, wenn dieser „gehört“ bzw. wahrgenommen werden kann. Bei sehr hohen Schallleistungspegeln kann Infraschall wahrgenommen werden. Er kann bei den Betroffenen zu Ohrendruck, Konzentrationsschwierigkeiten, Unsicherheits- und Angstgefühlen führen /9/. Liegt der Pegel allerdings unterhalb der Wahrnehmungs- bzw. Hörschwelle, konnten in Studien bisher keine Herz-Kreislauf-Probleme oder andere Symptome an Menschen nachgewiesen werden /8/. Für die Beurteilung, ob ein relevanter, gesundheitsgefährdender Infraschall auftritt, ist also entscheidend mit welchen Pegeln (Schallstärke) Frequenzen im Infraschallbereich auftreten. Gemäß der DIN 45680 und dem Entwurf der DIN 45680 von 2011 sind in der folgenden Tabelle die Wahrnehmungs- und Hörschwellen im Infraschall - Frequenzbereich aufgeführt.

Tabelle 3: Wahrnehmungs- und Hörschwellen im Infraschallbereich gem. DIN 45680 /10/

Frequenz	8 Hz	10 Hz	12,5 Hz	16 Hz	20 Hz
Hörschwelle	103 dB	95 dB	87 dB	79 dB	71 dB
Wahrnehmungsschwelle	100 dB	92 dB	84 dB	76 dB	68,5 dB

Aus der Tabelle wird der physiologische Zusammenhang wie folgt ersichtlich: Je tiefer die Frequenz, desto höher muss der Schalldruckpegel sein, damit der Mensch etwas wahrnimmt und ggf. negative Wirkungen entstehen. Um also Schall im Frequenzbereich von 8 Hz wahrzunehmen, muss der Schalleistungspegel mind. 100 dB betragen.

In einer Studie des bayrischen Landesamtes für Naturschutz wurde der Infraschallpegel einer 1 MW-Windenergieanlage (Nordex N54) in 250 m Entfernung gemessen /8//11/. In der nachfolgenden Grafik wird deutlich, dass die gemessenen Infraschallpegel alle deutlich unterhalb der Wahrnehmungsschwelle liegen (vgl. Abb. 1). Die Messungen haben außerdem ergeben, dass bei hohen Windgeschwindigkeiten der durch den Wind verursachte Infraschall deutlich stärker ist, als der ausschließlich von der Windenergieanlage erzeugte Infraschall /11/ /8/.

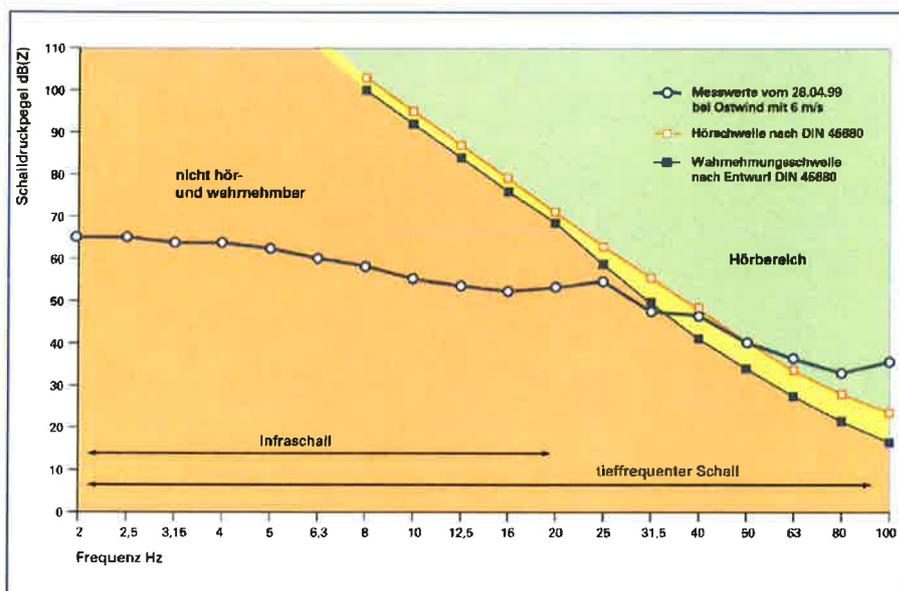


Abbildung 1: Messung des Infraschallpegels in 250 m Entfernung einer Nordex N54, LfU Bayern 2014 /8/

Da neu geplante Windenergieanlagen in der Regel nicht weniger als 500 m von den nächstgelegenen Wohnbebauung entfernt liegen, kann davon ausgegangen werden, dass der Infraschallpegel in 500 m Entfernung gemäß der Gesetzmäßigkeit (doppelte Entfernung = Verringerung des Pegels um 6 dB(A)) keinen relevanten Einfluss auf die nächstgelegene Wohnbebauung ausüben würden.

In einer weiteren Studie wurden Daten von 48 Windenergieanlagen unterschiedlicher Leistungsklassen (80 kW bis 3,6 MW) hinsichtlich tieffrequenter Geräusche untersucht /14/. Hier wurde festgestellt, dass die größeren WEA (2,3 MW bis 3,6 MW) einen etwas höheren tieffrequenten Anteil als kleinere WEA (< 2,0 MW) aufweisen. Aber auch diese Studie kommt zu dem Ergebnis, dass der von allen untersuchten Anlagen verursachte, gemessene

Infraschall weit unter dem normalen Hörempfinden liegt und somit keine relevante Rolle spielt /14/.

Zu dem gleichen Ergebnis kommt die Fa. Kötter Consulting Engineers. Es wurden Immissionsmessungen außerhalb und innerhalb eines Wohnhauses vorgenommen, um den Einfluss der Geräuschimmissionen eines Windparks mit WEA des Typs Südwind S77 zu überprüfen. In 600 m Entfernung zur nächstgelegenen WEA konnte vor dem Wohnhaus bei Frequenzen unterhalb von 10 Hz und in den Räumen des Hauses kein nennenswerter Unterschied zwischen Hintergrundgeräusch und Betriebsgeräusch der WEA gemessen werden. Hierbei wird deutlich, dass auch ohne, dass der Windpark in Betrieb ist, ein gewisser infrafrequenter Anteil gemessen wurde, welcher sich durch den Betrieb der Windenergieanlagen nicht relevant erhöht (vgl. Abb. 2). In der Grafik wird auch deutlich, dass die infrafrequenten Schallpegel alle deutlich unterhalb der Hörschwelle liegen /12/.

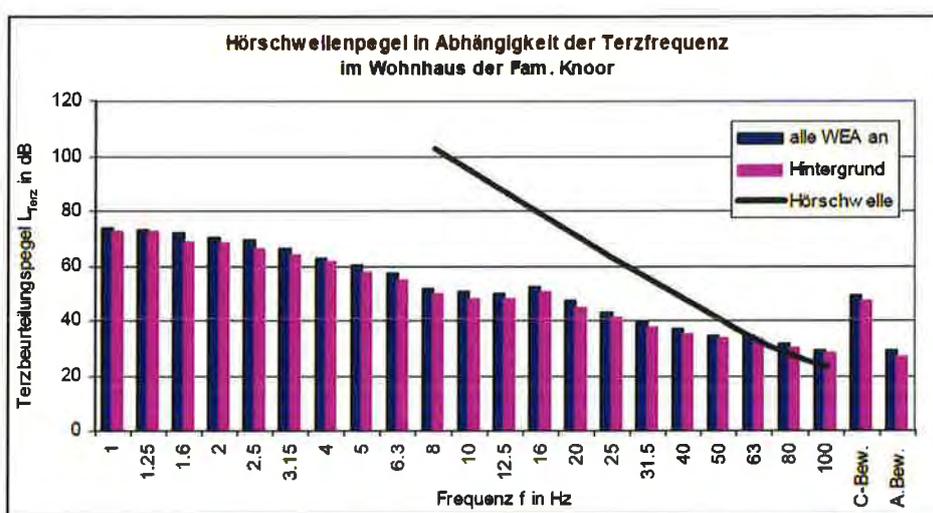


Abbildung 2: Ergebnisse der Immissionsmessung durch Kötter Consulting Engineers /12/

Auch wenn nicht jeder WEA-Typ bezüglich der tieffrequenten Geräuschanteile vermessen wurde, gibt es nach derzeitigem Kenntnisstand keinen Anlass zu der Annahme, dass es sich bei den aktuell geplanten Anlagen (Enercon E-82 E2 mit 2,3 MW Nennleistung) grundsätzlich anders verhält als bei den hier vorgestellten Untersuchungsergebnissen. Somit ist nicht zu erwarten, dass von den im hier vorliegenden Gutachten betrachteten Windenergieanlagen relevante oder gesundheitsschädigende Schallemissionen durch tieffrequente Geräuschanteile ausgehen.

Ein verbreitete Annahme bei dem Thema Infraschall und Windenergieanlagen ist, dass die tieffrequenten Anteile des Schalls mit zunehmender Entfernung nicht oder kaum vermindert werden und somit auf eine sehr große Distanz noch in voller Stärke vorhanden sind. Es ist physikalisch korrekt, dass der tieffrequente Schall im Vergleich zu hochfrequenten Geräuschen aufgrund der großen Wellenlänge (z.B. bei 10 Hz ist die Wellenlänge 34 m) weniger bis kaum von Boden, Luft oder Hindernisse und Bewuchs gedämpft wird /9/. Trotzdem nimmt auch der langwellige tieffrequente Schall gemäß der geometrischen Gesetzmäßigkeiten auf große Entfernung hin ab: Wie schon erwähnt, nimmt mit einer Verdopplung der Entfernung auch der langwellige tieffrequente Schallpegel gesetzmäßig um 6 dB ab /8/. Es liegt also eine Abnahme der Stärke des Infraschalls mit zunehmender Entfernung vor, auch wenn sie wegen der geringeren Dämpfung geringer ist als bei den

hochfrequenten Schallanteilen. An dieser Stelle kann zusätzlich angemerkt werden, dass das hier angewandte alternative Schallausbreitungsmodell gem. DIN ISO 9613-2 /6/ die verschiedenen Dämpfungsarten weniger stark berücksichtigt. So werden bei den Berechnungen der Schallausbreitung mit Ansatz der Pegel in Oktavbändern (spektrale Berechnung) gem. DIN ISO 9613-2 aufgrund der höheren sich ergebenden Dämpfungen immer niedrigere Immissionspegel errechnet als bei dem im vorliegenden Gutachten angewandten alternativen Verfahren. Insofern wurde hier konservativer gerechnet als von der DIN ISO 9613-2 her möglich. Zudem werden möglicherweise schalldämpfend wirkende Hindernisse in der Berechnung nicht berücksichtigt (vgl. Kap. 6).

Neben Windenergieanlagen ist im täglichen Umfeld eine Vielzahl von natürlichen oder künstlichen Quellen für Infraschall verantwortlich, deren Schallpegel teilweise sogar deutlich höher sein können, als die von Windenergieanlagen erzeugten. Es ist also unumgänglich, dass Menschen täglich, unabhängig von Windenergieanlagen, in Kontakt mit Infraschall aus verschiedenen Quellen (zum Beispiel Auto fahren, starker Wind) kommen. In Falle des Autofahrens wird Infraschall durch die Motoren und je nach Geschwindigkeit auch durch den Fahrtwind erzeugt und wirkt unmittelbar während der Fahrt auf die Insassen ein. Die nachfolgende Grafik zeigt den durch Windenergieanlagen und Autos erzeugten Infraschall im Vergleich:

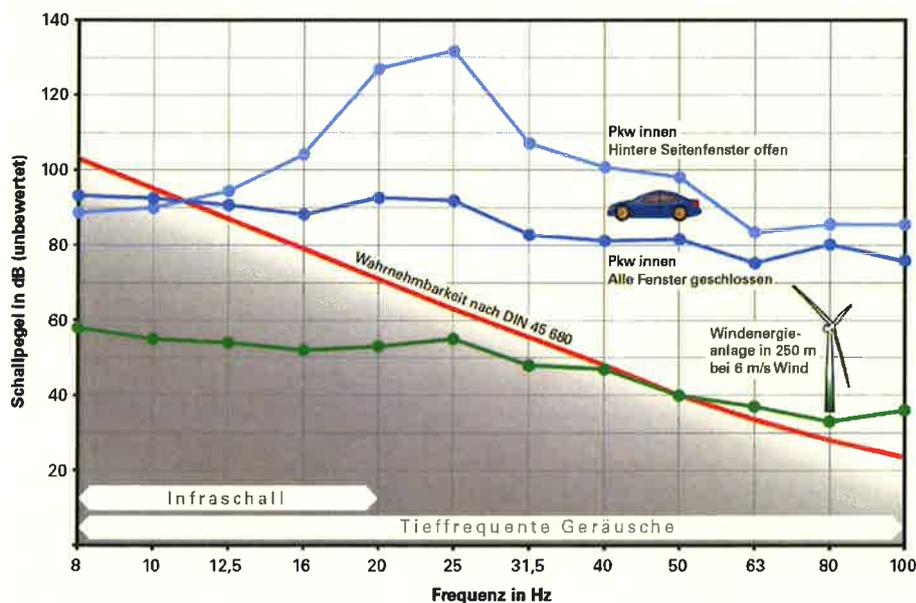


Abbildung 3: Infraschall von WEA und Autos im Vergleich, Quelle: LUBW & LGA Baden-Württemberg (Darstellung) /13/ und LfU Bayern (Daten) /8/

In der Grafik wird ersichtlich, dass die tieffrequenten Geräusche beim Autofahren aufgrund der höheren Schallpegel schon bei viel geringeren Frequenzen im Bereich des Infraschalls wahrnehmbar sind als bei Windenergieanlagen. Es ist jedoch nicht bekannt, dass aufgrund der hohen Infraschallpegel durch Kraftfahrzeuge gemäß der dargelegten Annahmen (hoher Infraschall = Gesundheitsschädigung) PKW- und LKW-Fahrer, insbesondere natürlich die Berufskraftfahrer, durch dauerhafte unmittelbare Einwirkung ohne einen mindernden Abstand durch das Einwirken von Infraschall erkrankt oder dauerhaft geschädigt worden sind.

Dass Infraschall von Windenergieanlagen erzeugt wird, ist unzweifelhaft und ist nicht zu bestreiten. Dass Infraschall in sehr hohen Schallstärken gesundheitsschädlich wirkt, steht ebenso außer Frage. Allerdings kann aufgrund der beschriebenen Fakten nicht davon

ausgegangen werden, dass durch die in diesem Gutachten betrachteten WEA vom Typ Enercon E-82 E2 (2,3 MW) relevanter und gesundheitsschädigender Infraschall erzeugt wird, da der nächstgelegene Immissionspunkt 590 m vom geplanten Windpark entfernt ist. Wenn davon ausgegangen wird, dass in 250 m Entfernung bei ungünstigen Mitwindbedingungen höchstens 65 dB bei einer Frequenz von 8 Hz gemessen wurde /11/, würde sich die Schallstärke des infrafrequenten Anteils in 590 m Entfernung gemäß der geometrischen Ausbreitung nochmal um mind. 6 dB verringern und läge so mit ca. 59 dB bei Weitem nicht im hör- oder wahrnehmbaren Bereich /10/.

6 Randbedingungen und Berechnungsverfahren

Windenergieanlagen erzeugen abhängig von der Windgeschwindigkeit zwei Arten von Geräuschen. Zum einen entstehen Maschinengeräusche durch Generator und Getriebe mit einem anlagenabhängigen Frequenzspektrum, zum anderen entstehen aerodynamische Geräusche infolge der Luftverwirbelungen an den Rotorblättern, die ein breitbandiges Frequenzspektrum aufweisen.

Schallimmissionspegel werden als A-bewertete Schallpegel in der Einheit Dezibel dB(A) angegeben. Die A-Bewertung berücksichtigt das vom menschlichen Gehör subjektiv wahrnehmbare Frequenzspektrum und Lärmempfinden. Die Schallemissionen der Windenergieanlagen liegen ebenfalls als A-bewertete Schalleistungspegel vor.

Aus den Frequenzspektren der Windenergieanlagen heraustretende Einzeltöne, die abhängig von ihrer Frequenz über weitere Entfernungen hörbar bleiben (Tonhaltigkeiten) und im Hörempfinden als besonders störend gelten, werden durch einen Tonhaltigkeitszuschlag K_T berücksichtigt.

Für eine Betrachtung relevanter Infraschall wird von heutigen Windenergieanlagen nachweislich nicht emittiert (vgl. Kap. 5), an dieser Stelle sei auch auf die entsprechende Fachliteratur verwiesen.

Die Beurteilungssituation ist bei einer Windgeschwindigkeit von 10 m/s in 10 m Höhe über Grund gegeben, dies entspricht $v(10) = 10$ m/s bzw. bei Betrieb der WEA bei 95% der Nennleistung. Es wird in dieser Situation davon ausgegangen, dass bei flachem Gelände für umliegende Immissionspunkte die ungünstigste Beurteilungssituation entsteht, da dann nahezu die Nennleistung der Windenergieanlagen erreicht ist und die WEA i.d.R. den max. Schallpegel emittieren. Die windinduzierten Hintergrundgeräusche an den Immissionspunkten können sich dann im Bereich um ca. 45 dB(A) bewegen.

Die Berechnung der Schallausbreitung wird nach DIN ISO 9613-2 /6/ vorgenommen. Da sie sich jedoch nur auf bodennahe Quellen (maximale mittlere Höhe zwischen Quelle und Empfänger von 30 m, siehe Kapitel 9, Tabelle 5) bezieht, wurde vom Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) ein „Interimsverfahren“ /19/ veröffentlicht. Dieses gelte für hochliegende Schallquellen (mehr als 30 m) wie WEA. Analog den Vorgaben in /19/ sei der immissionsrelevante Schalleistungspegel mit Hilfe von Oktavbanddaten im Bereich der Oktaven 63 Hz bis 8.000 Hz zu ermitteln.

Die Berechnungen werden mit dem Programm „WINDPRO, Modul: DECIBEL“ der Fa. EMD durchgeführt. Die Ergebnisprotokolle sind im Anhang zu finden.

In der Regel wird, aufgrund der vorliegenden Oktavbanddaten als A-bewertete Daten, die Berechnung mit A-bewerteten Oktavband-Schalleistungspegeln der WEA durchgeführt.

Der äquivalente Oktavband-Dauerschalldruckpegel L_{rT} an einem Immissionsort im Abstand d vom Mittelpunkt einer Schallquelle wird für eine Mitwindwetterlage nach folgender Gleichung berechnet:

$$L_{rT}(DW) = L_W + D_C - A$$

In der Formel bedeuten:

L_{rT} : äquivalenter Oktavband-Dauerschalldruckpegel bei Mitwind

L_W : =Oktavband-Schalleistungspegel einer Punktschallquelle in dB bezogen auf eine Bezugsschalleistung von einem Picowatt

D_C : Richtwirkungskorrektur in dB; für eine ungerichtet ins Freie abstrahlende Punktschallquelle ist $D_C = 0$ dB

A : Oktavbanddämpfung in Dezibel zwischen der Punktschallquelle (WKA-Gondel) und dem Immissionspunkt, die während der Schallausbreitung vorhanden ist. Sie bestimmt sich aus den folgenden Dämpfungsarten:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc}$$

Die Berechnung der Dämpfungsterme erfolgt analog den Vorgaben der DIN ISO 9613-2:1999-10.

A_{div} : Dämpfung aufgrund der geometrischen Ausbreitung

$$A_{div} = 20 \lg(d / 1m) + 11 \text{ dB}$$

d : Abstand zwischen Quelle und Immissionspunkt

A_{atm} : Dämpfung durch Luftabsorption

$$A_{atm} = \alpha \times d / 1.000$$

α : Absorptionskoeffizient der Luft, in dB/km für jedes Oktavband bei der Bandmittenfrequenz

Anmerkung: Im Berechnungsprogramm windPRO sind die frequenzabhängigen Absorptionskoeffizienten für die relevante Temperatur von 10° und der relativen Luftfeuchte von 70% hinterlegt.

A_{gr} : Bodendämpfung. Während bei der Berechnung aller Dämpfungsterme nach den Regelungen der DIN ISO 9613-2:1999-10 verfahren wird, erfolgt nach den Vorgaben des Interimsverfahrens /19/ an dieser Stelle eine Modifizierung: A_{gr} wird auf -3 dB gesetzt.

Anmerkung: Für die Schallimmissionsprognosen dieses Nachtrages wurde das Berechnungsprogramm windPRO verwendet. Um die durch das Interimsverfahren vorgegebene Modifizierung mit dem Ansatz $A_{gr} = -3$ dB umsetzen zu können, setzt windPRO die Richtwirkungskorrektur D_C auf +3 dB(A) und A_{gr} auf 0. Lt. Angabe des Softwareentwicklers EMD entsprechen damit die Ergebnisse von windPRO-Berechnungen mit der Modifikation des D_C und A_{gr} -Wertes dem Interimsverfahren.

In der Praxis dämpfen auch Bebauung und Bewuchs den Schall, d.h. $A_{misc} > 0$, insofern ist die hier vorgenommene Prognoserechnung konservativ angesetzt.

Bei mehreren Schallquellen werden die Schallpegel L_{ATi} am Immissionsort für jede Quelle getrennt ermittelt und energetisch addiert. Gem. der TA Lärm ist der aus allen Schallquellen

resultierende Schalleistungspegel L_{AT} bei Berücksichtigung von eventuell erforderlichen Zuschlägen nach der im Folgenden aufgeführten Gleichung zu ermitteln:

$$L_{AT}(LT) = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{ATi} - C_{met} + K_{Ti} + K_{Ii})} \right)$$

- L_{AT} : Beurteilungspegel am Immissionsort
 L_{ATi} : Schallimmissionspegel einer Emissionsquelle i an dem Immissionspunkt
 i : Index für alle Geräuschquellen von 1-n
 c_{met} : Meteorologische Korrektur (bei 0 konservativster Ansatz, hier $c_0 = 0$ dB)
 K_{Ti} : Zuschlag für die Tonhaltigkeit einer Emissionsquelle i
 K_{Ii} : Zuschlag für die Impulshaltigkeit einer Emissionsquelle i

Für die Entstehung von tonhaltigen Geräuschen bei Windenergieanlagen können Anlagenteile wie Getriebe, Generatoren, Azimutgetriebe und eventuelle Hydraulikanlagen verantwortlich sein. Die Hersteller bemühen sich durch konstruktive Maßnahmen, Tonhaltigkeiten in den Geräuschemissionen bei Windenergieanlagen zu vermeiden, bzw. zu minimieren. Genauere Daten dazu sind in der Regel dem Messbericht zu entnehmen.

Treten aus den Anlagengeräuschen Einzeltöne deutlich hervor, ist gem. TA Lärm /2/ und /7/ erforderlichenfalls ein Zuschlag K_T anzusetzen. WEA, die im Nahbereich höhere Tonhaltigkeiten erzeugen, seien gemäß /7/ nicht mehr Stand der Technik.

Ansonsten gelte gemäß /7/ und /17/:

$$K_T = 0 \text{ dB für } 0 \text{ dB} \leq K_{TN} \leq 2 \text{ dB}$$

Im Land Niedersachsen ist bei der Erstellung von Schallimmissionsprognosen für Windenergie-Planungen die Berechnung von Sicherheitszuschlägen nach der Vorgehensweise gem. Windenergie-Erlass (WEE) vom Februar 2016 /17/ durchzuführen. Die Berechnung des Zuschlages gem. /7/ ist bereits in Kap. 4 dargestellt.

7 Immissionsrichtwerte und Immissionspunkte

Für die Beurteilung von Industrie- und Gewerbegeräuschen sind in der TA Lärm /2/ Immissionsrichtwerte sowohl für den Beurteilungspegel, als auch für Maximalpegel einzelner Geräuscheignisse genannt. Sie sind nach Einwirkungsorten entsprechend der baulichen Nutzung ihrer Umgebung, sowie nach Tag und Nacht unterteilt (s. Tabelle unten). Die Beurteilungspegel beziehen sich auf die Zeiträume tags von 6:00 bis 22:00 Uhr und nachts von 22:00 bis 6:00 Uhr. Somit werden auch die Einflüsse der Ortsüblichkeiten und des Zeitpunktes des Auftretens der Geräusche berücksichtigt. Im vorliegenden Fall ist die lauteste Nachtstunde maßgeblich.

Tabelle 4: Immissionsrichtwerte gemäß TA Lärm

Art der baulichen Nutzung	Immissionsrichtwerte [dB(A)]	
	Tags	Nachts
Industriegebiete	70	70
Gewerbegebiete	65	50
Kerngebiete, Dorf- und Mischgebiete	60	45
Allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebiete	55	40
Reine Wohngebiete	50	35
Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten	45	35

Es werden insgesamt zehn Punkte in der näheren Umgebung zu den geplanten Windenergieanlagen als Immissionspunkte untersucht. Bei den Immissionspunkten handelt es sich um die nächstgelegene Wohnbebauung mit Lage im Außenbereich.

Die Bereiche, in denen die in den Jader Ortsteilen Jaderkreuzmoor und Jaderlangweg untersuchten Immissionspunkte IP A bis IP G liegen, sind im Flächennutzungsplan (FNP) der Gemeinde Jade (Blatt 1, Stand Februar 2001) keiner definierten Nutzung zugewiesen. Die im Gebiet der Gemeinde Rastede liegenden Immissionspunkte IP H bis IP J sind im FNP der Gemeinde Rastede als „Flächen für die Landwirtschaft“ ausgewiesen. Für den weiter südlich von IP H befindlichen Bereich der Dörpstraat existiert eine Außenbereichssatzung (April 2009). Im vorliegenden Gutachten werden aufgrund ihrer Lage und aktuellen Nutzung für alle Immissionspunkte die Lage im Außenbereich angesetzt, wonach gem. TA Lärm ein nächtlicher Immissionsrichtwert in Höhe von 45 dB(A) einzuhalten ist.

Die Koordinaten der Immissionspunkte wurden mit Hilfe der verwendeten Berechnungssoftware aus dem vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Kartenmaterial im Maßstab 1 : 5.000 ermittelt. Die Höhe des Aufpunktes wird mit 5 m über Gelände angesetzt. Alle Immissionspunkte wurden im Zuge einer Ortsbegehung am 04.07.2016 in Augenschein genommen.

Die Bezeichnungen und Lagebeschreibungen sowie zulässigen Richtwerte für die verschiedenen Immissionspunkte sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 5: Betrachtete Immissionspunkte mit Lagebeschreibung

Immissionspunkt	Lagebeschreibung	Richtwert Tag/Nacht in dB(A)
IP A	Lehmder Str. 6, Jaderkreuzmoor	60/45
IP B	Lehmder Str. 4, Jaderkreuzmoor	60/45
IP C	Lehmder Str. 3, Jaderkreuzmoor	60/45
IP D	Kreuzmoorstr. 42, Jaderkreuzmoor	60/45
IP E	Kreuzmoorstr. 44, Jaderkreuzmoor	60/45
IP F	Zur Jade 111, Jaderlangstraße	60/45
IP G	Achtern Kamp 17, Jaderlangstraße	60/45
IP H	Dörpstraat 154, Delfshausen	60/45
IP I	Alter Lehmdermoorweg 61, Lehmdermoor	60/45
IP J	Lehmder Str. 472, Lehmdermoor	60/45

Bei der Ortsbegehung wurde kein Immissionspunkt gesichtet, bei dem Reflexionen in relevantem Maße möglich sind. Es ist also davon auszugehen, dass bei den in der Umgebung befindlichen Immissionspunkten keine Reflexionseffekte in relevantem Maße stattfinden.

8 Betrachtung von gewerblichen Vorbelastungen

Im Umfeld des untersuchten Planungsstandortes bestehen mehrere Windparks, während an dem Standort selbst keine WEA vorhanden sind.

Wie in Kap. 3 bereits erwähnt, sind der mind. 3,7 km südwestlich gelegene Windpark Lehmden, der ca. 6 km nordöstlich geplante Windpark Varel / Rastede sowie der etwa 3,8 km weiter nördlich genehmigte Windpark Nordbollenhagen aufgrund der großen Distanz zum Planungsstandort als schalltechnische Vorbelastung auszuschließen.

Im Vorfeld der Schallimmissionsprognose wurde geprüft, ob von dem südöstlich der geplanten WEA beantragten Windpark Ovelgönne-Culturweg, bestehend aus 7 WEA vom Typ Enercon E-115 (TES) und 2 WEA des Typs Enercon E-101, Schallimmissionen ausgehen, die in der vorliegenden Prognose als relevante Vorbelastung zu berücksichtigen sind. Das für den Genehmigungsantrag der WEA eingereichte Schallimmissionsgutachten Nr. 3636-15-L1 Firma IEL /18/ wurde vom Landkreis Wesermarsch zur Verfügung gestellt (E-Mail Herr Metz, 05.07.2016). Die Anlagenbezeichnungen (WEA C1 bis C3, B1 bis B3 und T1 bis T3) und Schalleistungspegel der beantragten WEA wurden dem Gutachten entnommen und dann über das Referenzspektrum gem. /7/ daraus Oktavbandpegel errechnet. Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass alle verwendeten Emissionspegel Zuschläge gem. Windenergiehandbuch /16/ enthalten und die WEA mit den Bezeichnungen C3, B1, B2, T2 und T3 nachts schallreduziert betrieben werden sollen.

Die Berechnung zur Prüfung der möglichen Vorbelastung durch den beantragten Windpark Ovelgönne-Culturweg ergibt, dass die Immissionspunkte um den geplante Windpark am Standort Lehmdermoor aufgrund der Entfernung zum Windpark-Standort Ovelgönne-Culturweg, gem. 2.2 a) TA Lärm, außerhalb des Einwirkungsbereichs jeder der neun beantragten WEA liegt. An sämtlichen betrachteten Immissionspunkten unterschreitet die von jeder der neun beantragten WEA ausgehenden Immission den Richtwert um mind. 11 dB(A). Für den Ausschluss als relevante Vorbelastung der WEA nach 2.2 a) TA Lärm ist eine Unterschreitung des Richtwertes um 10 dB(A) ausreichend.

Im Zuge der Ortsbegehung wurde geprüft, ob sich im Umfeld der geplanten WEA bzw. der untersuchten Immissionspunkte weitere im Nachtzeitraum zu berücksichtigende Schallquellen befinden, wie beispielsweise weitere Blockheizkraftwerke von Biogasanlagen, Lüftungsanlagen an Mastställen, Getreidesilos etc. Im Umfeld der geplanten WEA sind mehrere größere Stallanlagen zur Milchviehhaltung vorhanden, welche jedoch mittels Schwerkraftlüftung belüftet werden, d.h. es sind keine Lüftungsanlagen installiert. Daher ist von keinen zu berücksichtigenden nächtlichen Immissionen auszugehen.

9 Ermittlung der Geräuschimmissionen

Grundlage für die Berechnung der Geräuschimmissionen sind die Schallleistungspegel der Windenergieanlagen gem. Kap. 4, sowie die Randbedingungen und Berechnungsgrundlagen gem. Kap. 6.

Die Berechnungen erfolgen mit dem Programmsystem DECIBEL. Das Programmsystem führt die Schallausbreitungsrechnungen auf Grundlage der DIN ISO 9613-2 /6/ und dem Interimsverfahren /19/ durch. Die Berechnungen ermöglichen eine Analyse des Einflusses jeder Emissionsquelle auf die Geräuschimmission an jedem Immissionsort.

Berechnet werden die Zustände im Nachtzeitraum, da am Tage 15 dB(A) höhere Richtwerte möglich sind und dann die WEA mit ihren Schallpegeln in der Regel keinen Beitrag mehr leisten.

Es wurde eine Berechnung für die zwei geplanten WEA (Zusatzbelastung) durchgeführt und dokumentiert. Da am Standort Lehmdermoor keine relevante Vorbelastung in Bezug auf Schallimmissionen besteht (vgl. Kap. 8), stellt die Zusatzbelastung durch die zwei geplanten Anlagen in diesem Falle die Gesamtbelastung am Standort dar.

Berechnet wurde die Gesamtbelastung durch die zwei geplanten WEA vom Typ Enercon E-82 E2 (2,3 MW). In den Berechnungsausdrucken im Anhang sind die Berechnungsergebnisse dokumentiert. Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 6: Berechnungsergebnisse der Gesamtbelastung

Immissionspunkt	Berechn. Schallpegel L_s [dB(A) bei $v(10)=10$ m/s	Richtwert [dB(A)]	Schallpegel L_s gerundet gem. TA Lärm [dB(A)]	Reserve zum Richtwert [dB(A)]
IP A	35,4	45	35	10
IP B	37,3	45	37	8
IP C	40,9	45	41	4
IP D	38,8	45	39	6
IP E	38,7	45	39	6
IP F	34,4	45	34	11
IP G	35,6	45	36	9
IP H	36,1	45	36	9
IP I	37,1	45	37	8
IP J	35,0	45	35	10

Als Immissionspunkt mit dem höchsten Immissionspegel ergibt sich in der Berechnung der Gesamtbelastung IP C (Lehmder Str. 3, Jaderkreuzmoor). Zudem handelt es sich bei IP C um den Immissionspunkt mit dem geringsten Abstand zum Richtwert, der Richtwert für Wohnbebauung mit Lage im Außenbereich in Höhe von 45 dB(A) wird um einen Wert von 4 dB(A) unterschritten.

Die Berechnung der Gesamtbelastung ergibt, dass die Richtwerte an allen Immissionspunkten eingehalten werden.

Die an allen den Immissionspunkten ausser IP C hervorgerufenen Immissionspegel sind nach 3.2.1 Abs. 2 TA Lärm als nicht relevant zu bewerten, da hier der Richtwert um mind. 6 dB(A) unterschritten wird. Die Immissionsorte IP A, IP F und IP J liegen per Definition in 2.2 a) TA Lärm außerhalb des Einwirkungsbereiches der geplanten WEA, da jeweils ein Abstand von mind. 10 dB(A) zum Richtwert vorliegt.

10 Beurteilung

Folgende Vorschriften werden zur Beurteilung herangezogen:

- BImSchG /3/ mit allen ergänzenden und relevanten Verordnungen
- TA Lärm /2/

Die Begutachtung erfolgt im Rahmen des BImSchG-Genehmigungsverfahrens. In den Berechnungsausdrucken ist der Belastungszustand durch die geplanten WEA aus schalltechnischer Sicht dokumentiert. Bewertet werden die Ergebnisse für die verschiedenen Immissionspunkte gemäß der relevanten Belastung nachts (22:00 bis 6:00Uhr). Aufgrund der um 15 dB(A) höheren Richtwerte tagsüber sind am Tage (6:00 bis 22:00 Uhr) generell höhere Emissionswerte möglich.

Unter Berücksichtigung der Unsicherheiten der Emissionsdaten und der Ausbreitungsberechnung enthalten die Berechnungen einen Zuschlag gem. LAI 2017 /7/ und in Anlehnung an WEE Niedersachsen /17/ zum Schalleistungspegel der zwei geplanten WEA vom Typ Enercon E-82 E2 (2,3 MW, Ausstattung mit Serrations - TES) bei Betrieb im Vollast-Modus (Betriebsmodus 0s) von jeweils 1,5 dB(A). Hiermit ist sichergestellt, dass im Zuge der Bewertung eine 90 %-ige Eintrittswahrscheinlichkeit der Unterschreitung der Richtwerte im Sinne der oberen Vertrauensbereichsgrenze berücksichtigt wird.

Die Berechnung der Gesamtbelastung ergibt, dass die Richtwerte an allen Immissionspunkten eingehalten werden.

Als Immissionspunkt mit dem höchsten Immissionspegel ergibt sich in der Berechnung der Gesamtbelastung IP C (Lehmder Str. 3, Jaderkreuzmoor). Zudem handelt es sich bei IP C um den Immissionspunkt mit dem geringsten Abstand zum Richtwert, der Richtwert für Wohnbebauung mit Lage im Außenbereich in Höhe von 45 dB(A) wird um einen Wert von 4 dB(A) unterschritten. Die an allen den Immissionspunkten ausser IP C hervorgerufenen Immissionspegel sind nach 3.2.1 Abs. 2 TA Lärm als nicht relevant zu bewerten, da hier der Richtwert um mind. 6 dB(A) unterschritten wird. Die Immissionsorte IP A, IP F und IP J liegen per Definition in 2.2 a) TA Lärm außerhalb des Einwirkungsbereiches der geplanten WEA, da jeweils ein Abstand von mind. 10 dB(A) zum Richtwert vorliegt.

Die zwei geplanten Windenergieanlagen vom Typ Enercon E-82 E2 (2,3 MW, TES) können tagsüber und auch nachts bei Vollast (Betriebsmodus 0s) betrieben werden. Aus schalltechnischer Sicht bestehen keine Bedenken bei Errichtung der Anlagen.

Oldenburg, den 05. Februar 2018


Dipl.-Ing. Roman Wagner vom Berg



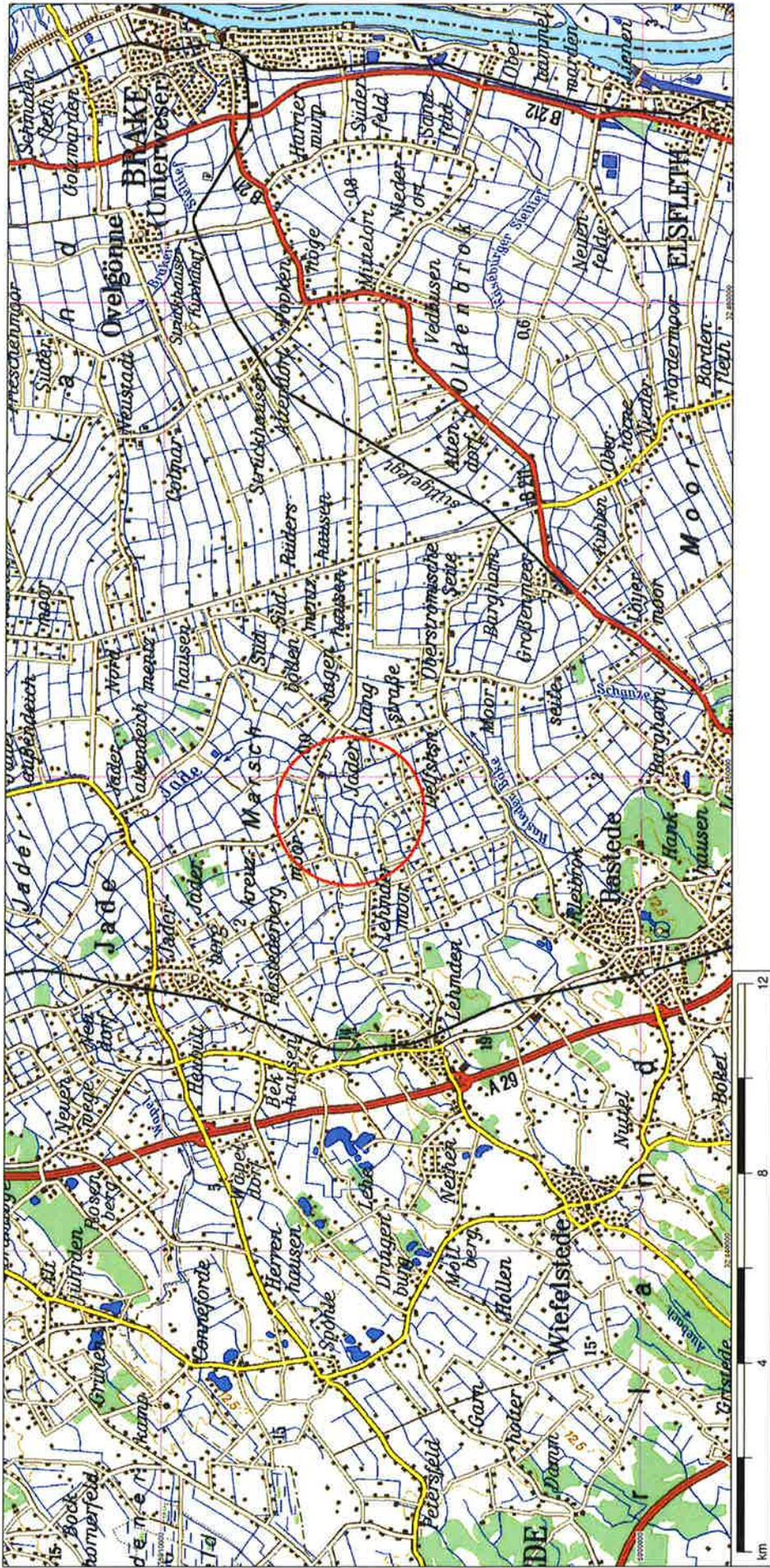
11 Quellenverzeichnis

- /1/ VDI 2058/1: Beurteilung von Arbeitslärm in der Nachbarschaft.
Fassung vom Februar 1999
- /2/ TA Lärm: Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm),
Fassung vom August 1998
- /3/ BImSchG: Bundesimmissionsschutzgesetz
Fassung vom September 2002, letzte Änderung Juni 2005
- /4/ 4. BImSchV: Vierte Verordnung zur Durchführung des
Bundesimmissionsschutzgesetzes
Fassung vom Juni 2005
- /5/ DIN 18005: Schallschutz im Städtebau
Teil 1: Berechnungsverfahren
Fassung vom Juli 2002
- /6/ DIN ISO 9613-2: „Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien
Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren“
Deutsche Fassung ISO 9613-2 vom Oktober 1999
- /7/ LAI Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI): Hinweise zum
Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA); Stand
30.06.2016
- /8/ LfU 2014 Bayrisches Landesamt für Umwelt (LfU) 2014: „Windkraftanlagen-
beeinträchtigt Infraschall die Gesundheit?“ , Aktualisierung im März
2014, Augsburg
- /9/ Kötter 2007 Kötter Engineering Mai 2007: „Tieffrequente Geräusche in der
Windenergieanlagentechnik“ in Lärmbekämpfung Bd. 2, Nr.3 Mai
- /10/ DIN 45 680 DIN 45 680: „Messung und Bewertung tieffrequenter Geräusch-
immissionen in der Nachbarschaft“ von 1992 und Entwurf der DIN
45680 „Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen“
vom August 2011
- /11/ Hammler & Fichtner 2000: „Langzeit-Geräuschimmissionsmessungen an der 1-MW- Wind-
energieanlage Nordex N54“ Bayrisches Landesamt für Umwelt (LfU)
2000
- /12/ Kötter 2010 Kötter Consulting Engineers: Schalltechnischer Bericht Nr.27257-
1.006:-über die Ermittlung und Beurteilung der anlagenbezogenen
Geräuschimmissionen der Windenergieanlagen im Windpark Hohen
Pritz vom 26.05.2010
- /13/ LUBW 2012 Landesamt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-
Württemberg (LUBW) „Physikalische Grundlagen und Messung von

-
- tieffrequentem Schall und Infraschall“, 18. Umwelttoxikologisches Kolloquium Oktober 2012
- /14/ Möller & Pedersen 2010 Tieffrequenter Lärm von großen Windenergieanlagen , Abteilung für Akustik, Institut für Elektronische Systeme, Aalborg Universität
- /15/ Piorr, Hillen & Janssen 2001 Akustische Ringversuche zur Geräuschemissionsmessung an Windenergieanlagen. Fortschritte der Akustik, Hrsg. Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V., DEGA, von 2001
- /16/ Agatz, Monika Windenergie-Handbuch, 12. Ausgabe, Dezember 2015
- /17/ Nds. Minist: f. Umwelt 2016 Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen an Land (Windenergieerlass), Niedersächsisches Ministerialblatt 07/2016 vom 24.02.16, Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
- /18/ IEL 2015 Schalltechnisches Gutachten für die Errichtung und den Betrieb von neun Windenergieanlagen am Standort Ovelgönne-Culturweg, Bericht-Nr. 3636-15-L1, 05.06.2015
- /19/ Interimsverfahren Dokumentation zur Schallausbreitung; Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschemissionen von Windkraftanlagen; Fassung 2015-05.1

12 Anlagen zum Geräuschemissionsgutachten 2 WEA Enercon E-82 E2 (2,3 MW) am Standort Lehmdermoor

- 1 Blatt Übersichtsplan
- 1 Blatt Lageplan
- 5 Blatt Prüfung der Vorbelastung durch 9 gepl. WEA im Widnpark Ovelgönne-Culturweg:
2 x Enercon E-101 (3,05 MW) und 7 x Enercon E-115 TES (3,0 MW) -
Berechnungsprotokolle inkl. Eingabedaten und Isophonendarstellung
- 4 Blatt Berechnungsprotokolle inkl. Eingabedaten und Isophonendarstellung 3 gepl. WEA
Enercon E-82 E2 (2,3 MW, TES) - Gesamtbelastung
- 3 Blatt Auszug Zusammenfassung der dreifachen schalltechnischen Vermessung des
WEA-Typs Enercon E-82 E2 (2,3 MW) in der Ausstattung mit Serrations (TES) bei
Vollast-Betrieb (Betriebsmodus 0s) durch die Fa. Kötter Consulting Engineers, Bericht Nr.
214585-01.01, 15.12.2014



Projekt:
Delfshausen

Beschreibung:

Wichtiger Hinweis:
Der in der Berechnung angesetzte Schalleistungspegel der geplanten WEA vom Typ Enercon E-82 E2 TES (2,3 MW) mit 108,4 m Nabenhöhe stellt den maximalen Mittelwert aus einer dreifachen Vermessung dieses WEA-Typs zzgl. Sicherheitszuschlag dar. Gemäß Windenergieerlass Niedersachsen u LAI 2017 wird ein emissionsseitiger Zuschlag in Höhe von 1,5 dB(A) je WEA berücksichtigt. Die Berechnung erfolgt gem LAI 2017 ohne Ansatz der Bodendämpfung mit Oktavbandpegeln.



Karte: AK5 LGLN Rastede , Maßstab 1:15.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 449.487 Nord: 5.906.273
Schall-Immissionsort

Neue WEA

DECIBEL -
Karte Lautester Wert bis 95% Nennleistung

Berechnung:
Zusatzdämpfung durch Z gepfl, WEA E-82 E2 (TES) mit 108,4m Nabenhöhe

Lizenzierter Anwender:
Ingenieurbüro PLANKON

Blumenstrasse 26
DE-26121 Oldenburg

0441 390 34 - 0

Roman Wagner vom Berg / mail@plankon.de
Berechnet:

01.02.2018 15:41/3.1.617

Projekt:

Delfshausen

Beschreibung:

Wichtiger Hinweis:

Der in der Berechnung angesetzten Schalleistungspegel der im Windpark Ovelgönne-Culturweg beantragten WEA-Typen Enercon E-115 (TES) und E-101 sind aus dem Schallgutachten der Firma IEL (Bericht-Nr. 3636-15-L1, 05.06.2015) übernommen und über das Referenzspektrum daraus Oktavbanddaten berechnet worden.

Lizenzierter Anwender:

Ingenieurbüro PLANKON

Blumenstrasse 26
DE-26121 Oldenburg
0441 390 34 - 0
Roman Wagner vom Berg / mail@plankon.de
Berechnet:
02.02.2018 15:54/3.1.617

DECIBEL - Hauptergebnis

Berechnung: Prüfung als mögl. Vorbelastung: 9 gepl. WEA im Windpark Ovelgönne-Culturweg

Schallberechnungs-Modell:

ISO 9613-2 Allgemein

Windgeschwindigkeit:

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

Bodeneffekt:

Keiner

Meteorologischer Koeffizient, C0:

0,0 dB

Art der Anforderung in der Berechnung:

1: WEA-Geräusch vs. Schallrichtwert (DK, DE, SE, NL etc.)

Schalleistungspegel in der Berechnung:

Schallwerte sind Lwa-Werte (Mittlere Schalleistungspegel; Standard)

Einzelton:

Fester Zuschlag wird zu Schallemission von WEA mit Einzeltonen zugefügt: 5,0

Aufpunkthöhe ü.Gr.:

5,0 m Aufpunkthöhe in Immissionsort-Objekt hat Vorrang vor Angabe im Mod

verlangte Unter- (negativ) oder zulässige Überschreitung (positiv) des Schallrichtwerts:

0,0 dB(A)



Maßstab 1:75.000

* Existierende WEA

■ Schall-Immissionsort

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ		Nennleistung [kW]	Rotor-durchmesser [m]	Nabenhöhe [m]	Schallwerte		Windgeschwindigkeit [m/s]	Status	LWA [dB(A)]	Einzelton
					Aktuell	Hersteller Typ				Quelle	Name				
vorh. WEA C1	454.391	5.904.453	0,0	vorh. WEA C1	Nein	ENERCON E-115-3.000	3.000	115,7	135,4	USER	OKTB 107,5 - SLG IEL Culturweg	(95%)	Anwenderwert	107,5	Nein
vorh. WEA C2	454.254	5.904.796	0,0	vorh. WEA C2	Nein	ENERCON E-115-3.000	3.000	115,7	135,4	USER	OKTB 107,5 - SLG IEL Culturweg	(95%)	Anwenderwert	107,5	Nein
vorh. WEA C3	453.829	5.904.877	0,0	vorh. WEA C3	Nein	ENERCON E-115-3.000	3.000	115,7	135,4	USER	OKTB 105,9 - SLG IEL Culturweg	(95%)	Anwenderwert	105,9	Nein
vorh. WEA B1	453.242	5.904.818	0,0	vorh. WEA B1	Nein	ENERCON E-115-3.000	3.000	115,7	135,4	USER	OKTB 104,0 - SLG IEL Culturweg	(95%)	Anwenderwert	104,0	Nein
vorh. WEA B2	452.484	5.905.570	0,0	vorh. WEA B2	Ja	ENERCON E-101-3.050	3.050	101,0	149,0	USER	106,0 dB(A) gem. IEL	10,0	Anwenderwert	106,0	Nein h
vorh. WEA B3	451.677	5.905.481	0,0	vorh. WEA B3	Ja	ENERCON E-101-3.050	3.050	101,0	149,0	USER	107,6 dB(A) gem. IEL	(95%)	Anwenderwert	107,6	Nein h
vorh. WEA T1	453.656	5.905.199	0,0	vorh. WEA T1	Nein	ENERCON E-115-3.000	3.000	115,7	135,4	USER	OKTB 107,5 - SLG IEL Culturweg	(95%)	Anwenderwert	107,5	Nein
vorh. WEA T2	453.164	5.905.179	0,0	vorh. WEA T2	Nein	ENERCON E-115-3.000	3.000	115,7	135,4	USER	OKTB 105,9 - SLG IEL Culturweg	(95%)	Anwenderwert	105,9	Nein
vorh. WEA T3	452.919	5.905.462	0,0	vorh. WEA T3	Nein	ENERCON E-115-3.000	3.000	115,7	135,4	USER	OKTB 105,9 - SLG IEL Culturweg	(95%)	Anwenderwert	105,9	Nein

h) Generisches Oktavband verwendet

Berechnungsergebnisse

Beurteilungspegel

Schall-Immissionsort

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Aufpunkthöhe [m]	Anforderung		Beurteilungspegel		Anforderung erfüllt?	
						Schall [dB(A)]	Von WEA [dB(A)]	Schall	Schall		
A	Lehmder Str. 6, Jaderkreuzmoor	448.556	5.906.672	-0,5	5,0	45,0	26,7	45,0	27,5	Ja	Ja
B	Lehmder Str. 4, Jaderkreuzmoor	448.836	5.906.769	-0,5	5,0	45,0	28,8	45,0	31,0	Ja	Ja
C	Lehmder Str. 3, Jaderkreuzmoor	449.213	5.906.734	-0,2	5,0	45,0	32,3	45,0	33,4	Ja	Ja
D	Kreuzmoorstr. 42, Jaderkreuzmoor	449.931	5.906.922	0,3	5,0	45,0	36,3	45,0	33,4	Ja	Ja
E	Kreuzmoorstr. 44, Jaderkreuzmoor	450.156	5.906.743	1,8	5,0	45,0	30,8	45,0	30,8	Ja	Ja
F	Zur Jade 111, Jaderlangstraße	450.441	5.905.704	0,2	5,0	45,0	28,6	45,0	28,6	Ja	Ja
G	Achtern Kamp 17, Jaderlangstraße	449.958	5.905.420	-0,5	5,0	45,0	26,8	45,0	26,8	Ja	Ja
H	Dörpstraat 154, Delfshausen	449.429	5.905.313	0,0	5,0	45,0		45,0		Ja	Ja
I	Alter Lehmdermoorweg 61, Lehmdermoor	448.886	5.905.552	0,0	5,0	45,0		45,0		Ja	Ja
J	Lehmder Str. 472, Lehmdermoor	448.407	5.905.993	0,0	5,0	45,0		45,0		Ja	Ja

Abstände (m)

	WEA								
Schall-Immissionsort	vorh. WEA C1	vorh. WEA C2	vorh. WEA C3	vorh. WEA B1	vorh. WEA B2	vorh. WEA B3	vorh. WEA T1	vorh. WEA T2	vorh. WEA T3
A	6243	5999	5570	5039	4080	3341	5308	4844	4528
B	6018	5766	5339	4818	3840	3119	5069	4611	4287
C	5658	5401	4976	4461	3472	2764	4701	4246	3918
D	5098	4818	4402	3923	2889	2264	4104	3673	3326
E	4814	4537	4120	3637	2607	1976	3825	3390	3046
F	4144	3920	3488	2938	2048	1256	3255	2774	2490
G	4537	4341	3909	3339	2530	1720	3705	3215	2961
H	5036	4852	4421	3845	3066	2254	4228	3737	3493
I	5614	5421	4989	4417	3598	2792	4783	4294	4034
J	6179	5968	5536	4976	4099	3310	5309	4826	4543

Projekt:

Beschreibung:

Lizenzierter Anwender:

Delfshausen**Wichtiger Hinweis:****Ingenieurbüro PLANKon**

Der in der Berechnung angesetzten Schalleistungspegel der im Windpark Ovelgönne-Culturweg beantragten WEA-Typen Enercon E-115 (TES) und E-101 sind aus dem Schallgutachten der Firma IEL (Bericht-Nr. 3636-15-L1, 05.06.2015) übernommen und über das Referenzspektrum daraus Oktavbanddaten berechnet worden.

Blumenstrasse 26
DE-26121 Oldenburg
0441 390 34 - 0
Roman Wagner vom Berg / mail@plankon.de
Berechnet:
02.02.2018 15:54/3.1.617

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

Berechnung: Prüfung als mögl. Vorbelastung: 9 gepl. WEA im Windpark Ovelgönne-Culturweg **Schallberechnungs-Modell:** ISO 9613-2 Allgemein 10,0 m/s
Annahmen

Cmet: Meteorologische Korrektur

Berechnungsergebnisse

Schall-Immissionsort: A Lehmders Str. 6, Jaderkreuzmoor

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Lautester Wert bis 95% Nennleistung								
			Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
vorh. WEA C1	6.243	6.244	13,77	107,5	3,00	86,91	9,81	0,00	0,00	0,00	96,72
vorh. WEA C2	5.999	6.000	14,35	107,5	3,00	86,56	9,58	0,00	0,00	0,00	96,15
vorh. WEA C3	5.570	5.572	13,80	105,9	3,00	85,92	9,17	0,00	0,00	0,00	95,09
vorh.WEA B1	5.039	5.041	13,30	104,0	3,00	85,05	8,64	0,00	0,00	0,00	93,69
vorh.WEA B2	4.080	4.082	18,36	106,0	3,00	83,22	7,42	0,00	0,00	0,00	90,64
vorh.WEA B3	3.341	3.344	22,58	107,6	3,00	81,48	6,53	0,00	0,00	0,00	88,02
vorh.WEA T1	5.308	5.310	16,08	107,5	3,00	85,50	8,91	0,00	0,00	0,00	94,42
vorh.WEA T2	4.844	4.846	15,75	105,9	3,00	84,71	8,43	0,00	0,00	0,00	93,14
vorh.WEA T3	4.528	4.530	16,68	105,9	3,00	84,12	8,09	0,00	0,00	0,00	92,21
Summe	26,73										

Schall-Immissionsort: B Lehmders Str. 4, Jaderkreuzmoor

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Lautester Wert bis 95% Nennleistung								
			Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
vorh. WEA C1	6.018	6.020	14,30	107,5	3,00	86,59	9,60	0,00	0,00	0,00	96,19
vorh. WEA C2	5.766	5.767	14,91	107,5	3,00	86,22	9,36	0,00	0,00	0,00	95,58
vorh. WEA C3	5.339	5.341	14,40	105,9	3,00	85,55	8,95	0,00	0,00	0,00	94,50
vorh.WEA B1	4.818	4.820	13,93	104,0	3,00	84,66	8,41	0,00	0,00	0,00	93,07
vorh.WEA B2	3.840	3.842	19,16	106,0	3,00	82,69	7,14	0,00	0,00	0,00	89,83
vorh.WEA B3	3.119	3.122	23,46	107,6	3,00	80,89	6,25	0,00	0,00	0,00	87,14
vorh.WEA T1	5.069	5.071	16,72	107,5	3,00	85,10	8,67	0,00	0,00	0,00	93,77
vorh.WEA T2	4.611	4.612	16,43	105,9	3,00	84,28	8,18	0,00	0,00	0,00	92,46
vorh.WEA T3	4.287	4.289	17,43	105,9	3,00	83,65	7,82	0,00	0,00	0,00	91,47
Summe	27,49										

Schall-Immissionsort: C Lehmders Str. 3, Jaderkreuzmoor

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Lautester Wert bis 95% Nennleistung								
			Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
vorh. WEA C1	5.658	5.660	15,18	107,5	3,00	86,06	9,26	0,00	0,00	0,00	95,32
vorh. WEA C2	5.401	5.402	15,83	107,5	3,00	85,65	9,01	0,00	0,00	0,00	94,66
vorh. WEA C3	4.976	4.977	15,38	105,9	3,00	84,94	8,57	0,00	0,00	0,00	93,51
vorh.WEA B1	4.461	4.463	14,98	104,0	3,00	83,99	8,02	0,00	0,00	0,00	92,01
vorh.WEA B2	3.472	3.475	20,48	106,0	3,00	81,82	6,70	0,00	0,00	0,00	88,51
vorh.WEA B3	2.764	2.768	24,98	107,6	3,00	79,84	5,77	0,00	0,00	0,00	85,61
vorh.WEA T1	4.701	4.703	17,77	107,5	3,00	84,45	8,28	0,00	0,00	0,00	92,73
vorh.WEA T2	4.246	4.248	17,55	105,9	3,00	83,56	7,77	0,00	0,00	0,00	91,34
vorh.WEA T3	3.918	3.920	18,63	105,9	3,00	82,87	7,39	0,00	0,00	0,00	90,26
Summe	28,77										

Schall-Immissionsort: D Kreuzmoorstr. 42, Jaderkreuzmoor

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Lautester Wert bis 95% Nennleistung								
			Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
vorh. WEA C1	5.098	5.100	16,64	107,5	3,00	85,15	8,70	0,00	0,00	0,00	93,85
vorh. WEA C2	4.818	4.819	17,43	107,5	3,00	84,66	8,41	0,00	0,00	0,00	93,07
vorh. WEA C3	4.402	4.404	17,06	105,9	3,00	83,88	7,95	0,00	0,00	0,00	91,83
vorh.WEA B1	3.923	3.925	16,72	104,0	3,00	82,88	7,40	0,00	0,00	0,00	90,27
vorh.WEA B2	2.889	2.893	22,83	106,0	3,00	80,23	5,94	0,00	0,00	0,00	86,16
vorh.WEA B3	2.264	2.269	27,44	107,6	3,00	78,11	5,04	0,00	0,00	0,00	83,15
vorh.WEA T1	4.104	4.106	19,61	107,5	3,00	83,27	7,61	0,00	0,00	0,00	90,88
vorh.WEA T2	3.673	3.675	19,49	105,9	3,00	82,31	7,09	0,00	0,00	0,00	89,40
vorh.WEA T3	3.326	3.328	20,79	105,9	3,00	81,44	6,66	0,00	0,00	0,00	88,10
Summe	30,96										

Projekt:
Delfshausen

Beschreibung:
Wichtiger Hinweis:
Der in der Berechnung angesetzten Schallleistungspegel der im Windpark Ovelgönne-Culturweg beantragten WEA-Typen Enercon E-115 (TES) und E-101 sind aus dem Schallgutachten der Firma IEL (Bericht-Nr. 3636-15-L1, 05.06.2015) übernommen und über das Referenzspektrum daraus Oktavbanddaten berechnet worden.

Lizenzierter Anwender:
Ingenieurbüro PLANKON
Blumenstrasse 26
DE-26121 Oldenburg
0441 390 34 - 0
Roman Wagner vom Berg / mail@plankon.de
Berechnet:
02.02.2018 15:54/3.1.617

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

Berechnung: Prüfung als mögl. Vorbelastung: 9 gepl. WEA im Windpark Ovelgönne-Culturweg **Schallberechnungs-Modell:** ISO 9613-2 Allgemein 10,0 m/s

Schall-Immissionsort: E Kreuzmoorstr. 44, Jaderkreuzmoor

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Lautester Wert bis 95% Nennleistung								
			Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
vorh. WEA C1	4.814	4.816	17,44	107,5	3,00	84,65	8,40	0,00	0,00	0,00	93,06
vorh. WEA C2	4.537	4.539	18,25	107,5	3,00	84,14	8,10	0,00	0,00	0,00	92,24
vorh. WEA C3	4.120	4.122	17,96	105,9	3,00	83,30	7,63	0,00	0,00	0,00	90,93
vorh.WEA B1	3.637	3.639	17,72	104,0	3,00	82,22	7,05	0,00	0,00	0,00	89,27
vorh.WEA B2	2.607	2.611	24,12	106,0	3,00	79,34	5,54	0,00	0,00	0,00	84,88
vorh.WEA B3	1.976	1.981	29,06	107,6	3,00	76,94	4,59	0,00	0,00	0,00	81,53
vorh.WEA T1	3.825	3.828	20,55	107,5	3,00	82,66	7,28	0,00	0,00	0,00	89,94
vorh.WEA T2	3.390	3.393	20,54	105,9	3,00	81,61	6,74	0,00	0,00	0,00	88,35
vorh.WEA T3	3.046	3.048	21,93	105,9	3,00	80,68	6,29	0,00	0,00	0,00	86,97

Summe 32,28

Schall-Immissionsort: F Zur Jade 111, Jaderlangstraße

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Lautester Wert bis 95% Nennleistung								
			Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
vorh. WEA C1	4.144	4.146	19,48	107,5	3,00	83,35	7,66	0,00	0,00	0,00	91,01
vorh. WEA C2	3.920	3.922	20,23	107,5	3,00	82,87	7,39	0,00	0,00	0,00	90,26
vorh. WEA C3	3.488	3.490	20,17	105,9	3,00	81,86	6,86	0,00	0,00	0,00	88,72
vorh.WEA B1	2.938	2.941	20,48	104,0	3,00	80,37	6,14	0,00	0,00	0,00	86,51
vorh.WEA B2	2.048	2.053	27,04	106,0	3,00	77,25	4,70	0,00	0,00	0,00	81,95
vorh.WEA B3	1.256	1.265	34,22	107,6	3,00	73,04	3,34	0,00	0,00	0,00	76,38
vorh.WEA T1	3.255	3.258	22,67	107,5	3,00	81,26	6,56	0,00	0,00	0,00	87,82
vorh.WEA T2	2.774	2.777	23,11	105,9	3,00	79,87	5,91	0,00	0,00	0,00	85,78
vorh.WEA T3	2.490	2.494	24,45	105,9	3,00	78,94	5,50	0,00	0,00	0,00	84,44

Summe 36,26

Schall-Immissionsort: G Achtern Kamp 17, Jaderlangstraße

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Lautester Wert bis 95% Nennleistung								
			Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
vorh. WEA C1	4.537	4.539	18,25	107,5	3,00	84,14	8,10	0,00	0,00	0,00	92,24
vorh. WEA C2	4.341	4.343	18,85	107,5	3,00	83,76	7,88	0,00	0,00	0,00	91,64
vorh. WEA C3	3.909	3.911	18,67	105,9	3,00	82,85	7,38	0,00	0,00	0,00	90,23
vorh.WEA B1	3.339	3.341	18,84	104,0	3,00	81,48	6,67	0,00	0,00	0,00	88,15
vorh.WEA B2	2.530	2.535	24,48	106,0	3,00	79,08	5,43	0,00	0,00	0,00	84,51
vorh.WEA B3	1.720	1.726	30,68	107,6	3,00	75,74	4,17	0,00	0,00	0,00	79,91
vorh.WEA T1	3.705	3.707	20,98	107,5	3,00	82,38	7,13	0,00	0,00	0,00	89,51
vorh.WEA T2	3.215	3.218	21,23	105,9	3,00	81,15	6,51	0,00	0,00	0,00	87,66
vorh.WEA T3	2.961	2.964	22,28	105,9	3,00	80,44	6,17	0,00	0,00	0,00	86,61

Summe 33,37

Schall-Immissionsort: H Dörpstraat 154, Delfshausen

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Lautester Wert bis 95% Nennleistung								
			Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
vorh. WEA C1	5.036	5.038	16,81	107,5	3,00	85,04	8,64	0,00	0,00	0,00	93,68
vorh. WEA C2	4.852	4.854	17,33	107,5	3,00	84,72	8,44	0,00	0,00	0,00	93,17
vorh. WEA C3	4.421	4.423	17,01	105,9	3,00	83,92	7,97	0,00	0,00	0,00	91,89
vorh.WEA B1	3.845	3.847	16,99	104,0	3,00	82,70	7,30	0,00	0,00	0,00	90,01
vorh.WEA B2	3.066	3.069	22,08	106,0	3,00	80,74	6,17	0,00	0,00	0,00	86,91
vorh.WEA B3	2.254	2.259	27,49	107,6	3,00	78,08	5,02	0,00	0,00	0,00	83,10
vorh.WEA T1	4.228	4.230	19,21	107,5	3,00	83,53	7,75	0,00	0,00	0,00	91,28
vorh.WEA T2	3.737	3.740	19,26	105,9	3,00	82,46	7,17	0,00	0,00	0,00	89,63
vorh.WEA T3	3.493	3.495	20,15	105,9	3,00	81,87	6,87	0,00	0,00	0,00	88,74

Summe 30,78

Projekt:

Delfshausen

Beschreibung:

Wichtiger Hinweis:

Der in der Berechnung angesetzten Schalleistungspegel der im Windpark Ovelgönne-Culturweg beantragten WEA-Typen Enercon E-115 (TES) und E-101 sind aus dem Schallgutachten der Firma IEL (Bericht-Nr. 3636-15-L1, 05.06.2015) übernommen und über das Referenzspektrum daraus Oktavbanddaten berechnet worden.

Lizenzierter Anwender:

Ingenieurbüro PLANKON

Blumenstrasse 26
DE-26121 Oldenburg
0441 390 34 - 0
Roman Wagner vom Berg / mail@plankon.de
Berechnet:
02.02.2018 15:54/3.1.617

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

Berechnung: Prüfung als mögl. Vorbelastung: 9 gepl. WEA im Windpark Ovelgönne-Culturweg **Schallberechnungs-Modell:** ISO 9613-2 Allgemein 10,0 m/s

Schall-Immissionsort: I Alter Lehdermoorweg 61, Lehdermoor

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Lautester Wert bis 95% Nennleistung								
			Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
vorh. WEA C1	5.614	5.615	15,29	107,5	3,00	85,99	9,22	0,00	0,00	0,00	95,20
vorh. WEA C2	5.421	5.423	15,70	107,5	3,00	85,68	9,03	0,00	0,00	0,00	94,71
vorh. WEA C3	4.989	4.991	15,34	105,9	3,00	84,96	8,59	0,00	0,00	0,00	93,55
vorh.WEA B1	4.417	4.419	15,12	104,0	3,00	83,91	7,97	0,00	0,00	0,00	91,88
vorh.WEA B2	3.598	3.601	20,02	106,0	3,00	82,13	6,85	0,00	0,00	0,00	88,98
vorh.WEA B3	2.792	2.796	24,06	107,6	3,00	79,93	5,80	0,00	0,00	0,00	85,73
vorh.WEA T1	4.783	4.785	17,53	107,5	3,00	84,60	8,37	0,00	0,00	0,00	92,97
vorh.WEA T2	4.294	4.296	17,40	105,9	3,00	83,66	7,83	0,00	0,00	0,00	91,49
vorh.WEA T3	4.034	4.036	18,24	105,9	3,00	83,12	7,53	0,00	0,00	0,00	90,65

Summe 28,59

Schall-Immissionsort: J Lehder Str. 472, Lehdermoor

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Lautester Wert bis 95% Nennleistung								
			Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
vorh. WEA C1	6.179	6.180	13,92	107,5	3,00	86,82	9,75	0,00	0,00	0,00	96,57
vorh. WEA C2	5.968	5.970	14,42	107,5	3,00	86,52	9,56	0,00	0,00	0,00	96,07
vorh. WEA C3	5.536	5.537	13,89	105,9	3,00	85,87	9,14	0,00	0,00	0,00	95,01
vorh.WEA B1	4.976	4.977	13,48	104,0	3,00	84,94	8,57	0,00	0,00	0,00	93,51
vorh.WEA B2	4.099	4.101	18,30	106,0	3,00	83,26	7,44	0,00	0,00	0,00	90,70
vorh.WEA B3	3.310	3.313	22,70	107,6	3,00	81,40	6,49	0,00	0,00	0,00	87,90
vorh.WEA T1	5.309	5.310	16,08	107,5	3,00	85,50	8,91	0,00	0,00	0,00	94,42
vorh.WEA T2	4.826	4.828	15,80	105,9	3,00	84,68	8,41	0,00	0,00	0,00	93,09
vorh.WEA T3	4.543	4.545	16,63	105,9	3,00	84,15	8,11	0,00	0,00	0,00	92,26

Summe 26,79

Projekt:
Delfshausen

Beschreibung:

Wichtiger Hinweis:
Der in der Berechnung angesetzten Schalleistungspegel der im Windpark Ovelgönne-Culturweg beantragten WEA-Typen Enercon E-115 (TES) und E-101 sind aus dem Schallgutachten der Firma IEL (Bericht-Nr. 36336-15-L-1, 05.06.2015) übernommen und über das Referenzspektrum daraus Oktavbanddaten berechnet worden.



DECIBEL -
Karte Lautester Wert bis 95% Nennleistung
Berechnung:
Prüfung als mögl. Vorabstudie; 9 gep. WEA im Windpark Ovelgönne-Culturweg

Lizenzierter Anwender:
Ingenieurbüro PLANKON
Blumenstrasse 26
DE-26121 Oldenburg
0441 390 34 - 0
Roman Wagner vom Berg / mail@plankon.de
Berechnet:
02.02.2018 15:54/3.1.617

Karte: TK50T Heubült akt., Maßstab 1:50.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 452.649 Nord: 5.905.011
 * Existierende WEA
 * Schall-Immissionsort
 * Schallberechnungs-Modell: ISO 9613-2 Allgemein. Windgeschw- windigkeit: Lautester Wert bis 95% Nennleistung Höhe über Meeresspiegel von aktivem Höhenlinien-Objekt

Projekt:
Delfshausen

Beschreibung:
Wichtiger Hinweis:
Der in der Berechnung angesetzte Schalleistungspegel der geplanten WEA vom Typ Enercon E-82 E2 TES (2,3 MW) mit 108,4 m Nabenhöhe stellt den maximalen Mittelwert aus einer dreifachen Vermessung dieses WEA-Typs zzgl. Sicherheitszuschlag dar. Gemäß Windenergieerlass Niedersachsen u LAI 2017 wird ein emissionsseitiger Zuschlag in Höhe von 1,5 dB(A) je WEA berücksichtigt. Die Berechnung erfolgt gem LAI 2017 ohne Ansatz der Bodendämpfung mit Oktavbandpegeln.

Lizenzierter Anwender:
Ingenieurbüro PLANKON
Blumenstrasse 26
DE-26121 Oldenburg
0441 390 34 - 0
Roman Wagner vom Berg / mail@plankon.de
Berechnet:
05.02.2018 14:10/3.1.617

DECIBEL - Hauptergebnis

Berechnung: Zusatzbelastung durch 2 gepl. WEA E-82 E2 (TES) mit 108,4m Nabenhöhe

Schallberechnungs-Modell:

ISO 9613-2 Allgemein

Windgeschwindigkeit:

Lautester Wert bis 95% Nennleistung

Bodeneffekt:

Keiner

Meteorologischer Koeffizient, C0:

0,0 dB

Art der Anforderung in der Berechnung:

1: WEA-Geräusch vs. Schallrichtwert (DK, DE, SE, NL etc.)

Schalleistungspegel in der Berechnung:

Schallwerte sind Lwa-Werte (Mittlere Schalleistungspegel; Standard)

Einzelöne:

Fester Zuschlag wird zu Schallemission von WEA mit Einzelönen zugefügt: 5

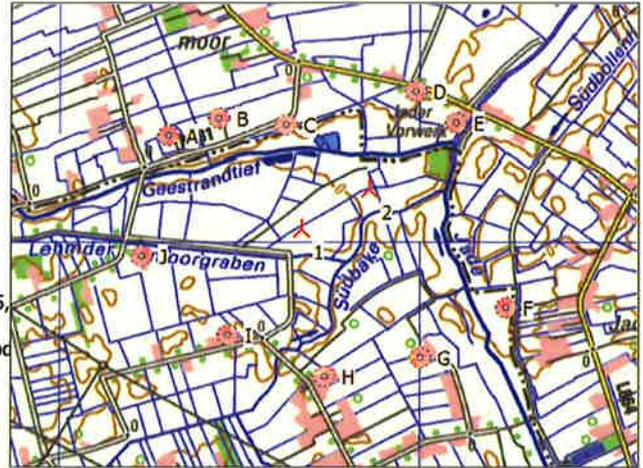
Aufpunkthöhe ü.Gr.:

5,0 m Aufpunkthöhe in Immissionsort-Objekt hat Vorrang vor Angabe im Mod

verlangte Unter- (negativ) oder zulässige Überschreitung (positiv)

des Schallrichtwerts:

0,0 dB(A)



Maßstab 1:40.000

Neue WEA

Schall-Immissionsort

WEA

Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung [kW]	Rotor-durchmesser [m]	Nabenhöhe [m]	Schallwerte		Windgeschwindigkeit [m/s]	LWA [dB(A)]	Einzelton
				Aktuell	Hersteller	Typ				Quelle	Name			
1	449.299	5.906.148	-0,1 WEA 01	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	108,4	USER	3fach-Verm. Vollast_mit Oktavbanddaten zzgl 1,5 dB Zuschlag LAI 2017	(95%)	103,3	Nein
2	449.677	5.906.369	-0,1 WEA 02	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	108,4	USER	3fach-Verm. Vollast_mit Oktavbanddaten zzgl 1,5 dB Zuschlag LAI 2017	(95%)	103,3	Nein

Berechnungsergebnisse

Beurteilungspegel

Schall-Immissionsort

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Aufpunkthöhe [m]	Anforderung		Anforderung erfüllt?
						Schall [dB(A)]	Von WEA [dB(A)]	
A	Lehmder Str. 6, Jaderkreuzmoor	448.556	5.906.672	-0,5	5,0	45,0	35,4	Ja
B	Lehmder Str. 4, Jaderkreuzmoor	448.836	5.906.769	-0,5	5,0	45,0	37,3	Ja
C	Lehmder Str. 3, Jaderkreuzmoor	449.213	5.906.734	-0,2	5,0	45,0	40,9	Ja
D	Kreuzmoorstr. 42, Jaderkreuzmoor	449.931	5.906.922	0,3	5,0	45,0	38,8	Ja
E	Kreuzmoorstr. 44, Jaderkreuzmoor	450.156	5.906.743	1,8	5,0	45,0	38,7	Ja
F	Zur Jade 111, Jaderlangstraße	450.441	5.905.704	0,2	5,0	45,0	34,4	Ja
G	Achtern Kamp 17, Jaderlangstraße	449.958	5.905.420	-0,5	5,0	45,0	35,6	Ja
H	Dörpstraat 154, Delfshausen	449.429	5.905.313	0,0	5,0	45,0	36,1	Ja
I	Alter Lehmdermoorweg 61, Lehmdermoor	448.886	5.905.552	0,0	5,0	45,0	37,1	Ja
J	Lehmder Str. 472, Lehmdermoor	448.407	5.905.993	0,0	5,0	45,0	35,0	Ja

Abstände (m)

Schall-Immissionsort	WEA	
	1	2
A	909	1161
B	775	931
C	592	590
D	999	608
E	1043	608
F	1225	1013
G	982	990
H	845	1085
I	725	1137
J	905	1324

Projekt:
Delfshausen

Beschreibung:
Wichtiger Hinweis:
Der in der Berechnung angesetzte Schallleistungspegel der geplanten WEA vom Typ Enercon E-82 E2 TES (2,3 MW) mit 108,4 m Nabenhöhe stellt den maximalen Mittelwert aus einer dreifachen Vermessung dieses WEA-Typs zzgl. Sicherheitszuschlag dar. Gemäß Windenergieerlass Niedersachsen u LAI 2017 wird ein emissionsseitiger Zuschlag in Höhe von 1,5 dB(A) je WEA berücksichtigt. Die Berechnung erfolgt gem LAI 2017 ohne Ansatz der Bodendämpfung mit Oktavbandpegeln.

Lizenzierter Anwender:
Ingenieurbüro PLANKON
Blumenstrasse 26
DE-26121 Oldenburg
0441 390 34 - 0
Roman Wagner vom Berg / mail@plankon.de
Berechnet:
05.02.2018 14:10/3.1.617

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

Berechnung: Zusatzbelastung durch 2 gepl. WEA E-82 E2 (TES) mit 108,4m Nabenhöhe **Schallberechnungs-Modell:** ISO 9613-2 Allgemein 10,0 m/s

Annahmen

Cmet: Meteorologische Korrektur

Berechnungsergebnisse

Schall-Immissionsort: A Lehmders Str. 6, Jaderkreuzmoor

WEA		Lautester Wert bis 95% Nennleistung									
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
1	909	915	33,48	103,3	3,00	70,23	2,56	0,00	0,00	0,00	72,79
2	1.161	1.166	30,87	103,3	3,00	72,33	3,07	0,00	0,00	0,00	75,40
Summe		35,38									

Schall-Immissionsort: B Lehmders Str. 4, Jaderkreuzmoor

WEA		Lautester Wert bis 95% Nennleistung									
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
1	775	782	35,15	103,3	3,00	68,86	2,26	0,00	0,00	0,00	71,12
2	931	937	33,23	103,3	3,00	70,43	2,60	0,00	0,00	0,00	73,04
Summe		37,30									

Schall-Immissionsort: C Lehmders Str. 3, Jaderkreuzmoor

WEA		Lautester Wert bis 95% Nennleistung									
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
1	592	601	37,85	103,3	3,00	66,58	1,84	0,00	0,00	0,00	68,42
2	590	599	37,88	103,3	3,00	66,55	1,84	0,00	0,00	0,00	68,39
Summe		40,87									

Schall-Immissionsort: D Kreuzmoorstr. 42, Jaderkreuzmoor

WEA		Lautester Wert bis 95% Nennleistung									
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
1	999	1.004	32,49	103,3	3,00	71,04	2,75	0,00	0,00	0,00	73,78
2	608	617	37,58	103,3	3,00	66,81	1,88	0,00	0,00	0,00	68,69
Summe		38,75									

Schall-Immissionsort: E Kreuzmoorstr. 44, Jaderkreuzmoor

WEA		Lautester Wert bis 95% Nennleistung									
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
1	1.043	1.048	32,03	103,3	3,00	71,41	2,84	0,00	0,00	0,00	74,24
2	608	616	37,60	103,3	3,00	66,79	1,88	0,00	0,00	0,00	68,67
Summe		38,66									

Schall-Immissionsort: F Zur Jade 111, Jaderlangstraße

WEA		Lautester Wert bis 95% Nennleistung									
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
1	1.225	1.229	30,29	103,3	3,00	72,79	3,19	0,00	0,00	0,00	75,98
2	1.013	1.018	32,34	103,3	3,00	71,15	2,77	0,00	0,00	0,00	73,93
Summe		34,45									

Schall-Immissionsort: G Achtern Kamp 17, Jaderlangstraße

WEA		Lautester Wert bis 95% Nennleistung									
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
1	982	987	32,67	103,3	3,00	70,89	2,71	0,00	0,00	0,00	73,60
2	990	995	32,59	103,3	3,00	70,96	2,73	0,00	0,00	0,00	73,68
Summe		35,64									

Projekt:
Delfshausen

Beschreibung:
Wichtiger Hinweis:
Der in der Berechnung angesetzte Schallleistungspegel der geplanten WEA vom Typ Enercon E-82 E2 TES (2,3 MW) mit 108,4 m Nabenhöhe stellt den maximalen Mittelwert aus einer dreifachen Vermessung dieses WEA-Typs zzgl. Sicherheitszuschlag dar. Gemäß Windenergieerlass Niedersachsen u LAI 2017 wird ein emissionsseitiger Zuschlag in Höhe von 1,5 dB(A) je WEA berücksichtigt. Die Berechnung erfolgt gem LAI 2017 ohne Ansatz der Bodendämpfung mit Oktavbandpegeln.

Lizenzierter Anwender:
Ingenieurbüro PLANKON
Blumenstrasse 26
DE-26121 Oldenburg
0441 390 34 - 0
Roman Wagner vom Berg / mail@plankon.de
Berechnet:
05.02.2018 14:10/3.1.617

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

Berechnung: Zusatzbelastung durch 2 gepl. WEA E-82 E2 (TES) mit 108,4m Nabenhöhe **Schallberechnungs-Modell:** ISO 9613-2 Allgemein 10,0 m/s

Schall-Immissionsort: H Dörpstraat 154, Delfshausen

WEA		Lautester Wert bis 95% Nennleistung									
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
1	845	851	34,25	103,3	3,00	69,60	2,42	0,00	0,00	0,00	72,02
2	1.085	1.090	31,61	103,3	3,00	71,75	2,92	0,00	0,00	0,00	74,66
Summe		36,13									

Schall-Immissionsort: I Alter Lehmdermoorweg 61, Lehmdermoor

WEA		Lautester Wert bis 95% Nennleistung									
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
1	725	732	35,02	103,3	3,00	68,30	2,15	0,00	0,00	0,00	70,45
2	1.137	1.142	31,10	103,3	3,00	72,15	3,02	0,00	0,00	0,00	75,17
Summe		37,08									

Schall-Immissionsort: J Lehmder Str. 472, Lehmdermoor

WEA		Lautester Wert bis 95% Nennleistung									
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Berechnet [dB(A)]	LWA [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
1	905	911	33,53	103,3	3,00	70,19	2,55	0,00	0,00	0,00	72,74
2	1.324	1.329	29,42	103,3	3,00	73,47	3,38	0,00	0,00	0,00	76,85
Summe		34,95									

Projekt:

Delfshausen

Beschreibung:

Wichtiger Hinweis:

Der in der Berechnung angesetzte Schalleistungspegel der geplanten WEA vom Typ Enercon E-82 E2 TES (2,3 MW) mit 108,4 m Nabenhöhe stellt den maximalen Mittelwert aus einer dreifachen Vermessung dieses WEA-Typs zzgl. Sicherheitszuschlag dar. Gemäß Windenergieerlass Niedersachsen u LAI 2017 wird ein emissionsseitiger Zuschlag in Höhe von 1,5 dB(A) je WEA berücksichtigt. Die Berechnung erfolgt gem LAI 2017 ohne Ansatz der Bodendämpfung mit Oktavbandpegeln.

DECIBEL -

Karte Lautester Wert bis 95% Nennleistung

Berechnung:

Zusatzbelastung durch 2 gepl. WEA E-82 E2 (TES) mit 108,4m Nabenhöhe

Lizenzierter Anwender:

Ingenieurbüro PLANKON

Blumenstrasse 26

DE-26121 Oldenburg

0441 390 34 - 0

Roman Wagner vom Berg / mail@plankon.de

Berechnet:

01.02.2018 15:41/3.1.617



Karte: AKS LGLN Rastede , Maßstab 1:15.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 449.487 Nord: 5.906.273
Schall-Immissionsort
Schallberechnungs-Modell: ISO 9613-2 Allgemein. Windgesch- windigkeit: Lautester Wert bis 95% Nennleistung
Höhe über Meeresspiegel von aktivem Höhenlinien-Objekt

Neue WEA

SCHALLTECHNISCHER BERICHT NR. 214585-01.01

über eine Dreifachvermessung von Windenergieanlagen des Typs
Enercon E-82 E2 mit TES im Betriebsmodus 0s (BM 0s)

Datum:

15.12.2014

Auftraggeber:

WRD GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich

Bearbeiter:

Matthias Humpohl, B.Sc.
Dipl.-Ing. Oliver Bunk

8.) Ergebniszusammenfassung für die Nabenhöhe 108 m

Bestimmung der Schalleistungspegel aus mehreren Einzelmessungen			
			Seite 1 von 2
Auf der Basis von mindestens drei Messungen nach der „Technischen Richtlinie für Windenergieanlagen“ [1] besteht die Möglichkeit, die Schallemissionswerte eines Anlagentyps gemäß [4] anzugeben, um die schalltechnische Planungssicherheit zu erhöhen.			
Anlagendaten			
Hersteller	ENRCON GmbH	Anlagenbezeichnung	E-82 E2 mit TES
		Nennleistung in kW	2.300 (BM 0s)
		Nabenhöhe in m	108
		Rotordurchmesser in m	82
Angaben zur Einzelmessung	Messung-Nr.		
	1	2	3
Seriennummer	823015	825708	825452
Standort	53937 Schöneiseiffen	26532 Großheide OT Arle	2143 Althöflein (Österreich)
vermessene Nabenhöhe (m)	78	98	108
Messinstitut	KÖTTER Consulting Engineers GmbH & Co. KG	KÖTTER Consulting Engineers GmbH & Co. KG	KÖTTER Consulting Engineers GmbH & Co. KG
Prüfbericht	211012-02.02 [4]	214425-01.02 [5]	214276-01.02 [6]
Datum	08.12.2014	27.10.2014	28.11.2014
Getriebetyp	entfällt	entfällt	entfällt
Generatortyp	E-82 E2	E-82 E2	E-82 E2
Rotorblatttyp	E-82-2 mit TES	E-82-2 mit TES	E-82-2 mit TES

Schallemissionsparameter: Messwerte (Leistungskurve: Kennlinie E-82 E2 2,3 MW berechnet Rev 3.0)							
Schalleistungspegel $L_{WA,P}$:							
Messung	Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe						
	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	8,8 m/s ²⁾	
1 ¹⁾	100,1 dB(A)	101,2 dB(A)	101,8 dB(A)	102,2 dB(A)	102,2 dB(A)	102,0 dB(A)	
2 ¹⁾	99,0 dB(A)	100,8 dB(A)	101,6 dB(A)	101,4 dB(A)	101,4 dB(A)	101,5 dB(A)	
3	99,5 dB(A)	101,3 dB(A)	101,8 dB(A)	101,7 dB(A)	101,5 dB(A)	101,8 dB(A)	
Mittelwert \bar{L}_W	99,5 dB(A)	101,1 dB(A)	101,7 dB(A)	101,8 dB(A)	101,7 dB(A)	101,8 dB(A)	
Standardabweichung S	0,5 dB	0,3 dB	0,1 dB	0,4 dB	0,4 dB	0,3 dB	
K nach [4] $\sigma_R = 0,5$ dB	1,4 dB	1,1 dB	1,0 dB	1,2 dB	1,2 dB	1,1 dB	

1) Schalleistungspegel bei umgerechneter Nabenhöhe
 2) Entspricht 95 % der Nennleistung

Bestimmung der Schalleistungspegel aus mehreren Einzelmessungen

Seite 2 von 2

Schallemissionsparameter: Zuschläge

 Tonzuschlag bei vermessener Nabenhöhe K_{TN} :

Messung	Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe					
	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	8,8 m/s ¹⁾
1	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB
2	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB
3	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB

 Impulzzuschlag K_{IN} :

Messung	Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe					
	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	8,8 m/s ¹⁾
1	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB
2	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB
3	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB

Terz-Schalleistungspegel (Mittelwerte der Messungen) für $v_s=9 \text{ ms}^{-1}$ in dB(A), entsprechend der maximalen Schalleistung

Frequenz	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
$L_{WA,P}$	76,8	79,9	82,3	84,1	87,8	86,3	87,3	90,2	90,2	89,6	90,1	91,7
Frequenz	800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150	4.000	5.000	6.300	8.000	10.000
$L_{WA,P}$	91,7	92,2	91,8	90,6	88,4	86,6	83,6	80,8	76,6	71,8	68,1	64,8

Oktav-Schalleistungspegel (Mittelwerte der Messungen) für $v_s=9 \text{ ms}^{-1}$ in dB(A), entsprechend der maximalen Schalleistung

Frequenz	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
$L_{WA,P}$	85,0	91,1	94,1	95,4	96,7	93,6	86,0	73,6

Die Angaben ersetzen nicht die o. g. Prüfberichte (insbesondere bei Schallimmissionsprognosen).

Bemerkungen: 1) Entspricht 95 % der Nennleistung

Ausgestellt durch:

KÖTTER Consulting Engineers GmbH & Co. KG

Bonifatiusstraße 400

48432 Rheine

Datum: 15.12.2014


 i. V. Dipl.-Ing. Oliver Bunk


 i. A. Matthias Humpohl, B.Sc.

SCHATTENWURFGUTACHTEN

für den Betrieb von

2 WINDENERGIEANLAGEN

TYP ENERCON E-82 E2 (2,3 MW, TES) MIT 108,4 M NABENHÖHE

am Standort

DELFSHAUSEN, 26180 RASTEDE

AUFTRAGGEBER: Windkonzept Projektentwicklungs GmbH & Co. KG
Mansholter Str. 30
26215 Wiefelstede

AUFTRAGNEHMER: Ingenieurbüro PLANKON
Dipl. Ing. Roman Wagner vom Berg
Blumenstr. 26
26121 Oldenburg
Tel.: 0441-390340

BERICHTSNUMMER: PK 2016039-STG-A

DATUM: 05.02.2018

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Sonnenstand	4
3	Schattenwurf	5
4	Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen.....	6
5	Datengrundlage	7
6	Ergebnisse	9
7	Schlussbetrachtung.....	12
8	Literatur.....	14
9	Anlagen zum Schattenwurfgutachten 2 WEA Enercon E-82 E2 (2,3 MW, TES) am Standort Delfshausen	15

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Darstellung der bautechnischen Daten der berücksichtigten WEA.....	7
Tabelle 2: Untersuchte Immissionspunkte (Schattenrezeptoren nach LAI-Schattenwurfhinweisen /3/).....	8
Tabelle 3: Berechnungsergebnisse der Gesamtbelastung.....	10

1 Einleitung

Der Ausbau der Windenergienutzung zur elektrischen Stromerzeugung wurde in den letzten Jahren stark intensiviert und vorangetrieben.

Durch die Windenergienutzung entsteht jedoch nicht nur der positive Effekt der regenerativen Stromgewinnung, es ergeben sich auch mögliche Beeinträchtigungen durch Windenergieanlagen. Dies ist neben den Schallemissionen der direkte Schattenwurf des Rotors. Der Schatten verursacht Lichtwechsel hinter der Windenergieanlage. Je nach Rotordrehzahl und der Anzahl der Rotorblätter beträgt die Frequenz der Lichtwechsel zwischen ca. 0,4 und 4,0 Hz. Diese Helligkeitsschwankungen können sich auf Menschen störend auswirken und im Falle starker Belastung unzumutbar werden.

Am Standort Delfshausen, einem Ortsteil der Gemeinde Rastede, ist die Errichtung von zwei Windenergieanlagen (WEA) des Typs Enercon E-82 E2 (2,3 MW) mit einer Nabenhöhe von jeweils 108,4 m geplant. Der Rotordurchmesser der geplanten Anlagen beträgt 82,0 m und die Nennleistung beträgt je WEA 2.300 kW.

Im näheren Umfeld zu den geplanten WEA bestehen aktuell keine weiteren WEA. Als relevante Vorbelastung auszuschließen sind aufgrund der großen Distanz zum geplanten Windenergie-Standort der mind. 3,7 km südwestlich gelegene Windpark Lehmden, (8 WEA Neg Micon NM52 WEA, 1 WEA Enercon E-58 und aktuell geplante Erweiterung um 3 WEA Enercon E-82 E2 TES), der ca. 6 km nordöstlich geplante Windpark Varel / Rastede (9 WEA Enercon E-82 E2 TES) sowie der etwa 3,8 km weiter nördlich genehmigte Windpark Nordbollenhagen (8 WEA Siemens SWT-3.0-113).

Als Vorbelastung zu berücksichtigen, bzw. zu überprüfen, ist allerdings der ca. 2,2 km südöstlich der geplanten WEA gelegene Windpark Ovelgönne-Culturweg, bestehend aus 7 WEA vom Typ Enercon E-115 (TES) und 2 WEA vom Typ Enercon E-101.

Der Auftraggeber, die Windkonzept Projektentwicklungs GmbH & Co. KG, beauftragte das Ingenieurbüro PLANkon mit der Erstellung einer Schattenwurfprognose für die zwei geplanten Windenergieanlagen. Die hier vorgenommene Begutachtung erfolgt im Rahmen des BImSchG-Genehmigungsverfahrens.

Die hier vorliegende Neubearbeitung des Schattenwurfgutachtens zum bisher vorhandenen Gutachten, Bericht Nr. PK 2016039-STG vom 08.07.2016, wurde infolge der Reduzierung der WEA-Anzahl von 3 auf 2 erforderlich.

Die zur Gemeinde Jade gehörenden Ortschaften Jaderkreuzberg und Jaderlangstraße liegen im Landkreis Wesermarsch. Die Ortsteile Delfshausen und Lehmdermoor liegen in der Gemeinde Rastede im Landkreis Ammerland. Beide Gemeinden befinden sich in Niedersachsen.

Das Gebiet um den Standort stellt sich als hauptsächlich landwirtschaftlich genutzter Einwirkungsbereich dar. Lehmden im Osten und Rastede im Südosten in mind. 4 km Entfernung sind als nächstgelegene größeren Ortschaften im Umfeld des geplanten Windpark zu nennen. Die Aufstellung der WEA ist südlich des Ortsteils Jaderkreuzmoor, westlich der Ortschaft Jaderlangstraße sowie nördlich und westlich von Delfshausen und Lehmdermoor geplant. Im näheren Umfeld zu den geplanten WEA befinden sich im Außenbereich liegende Hofstellen und Wohnhäuser an den Ortsrändern der genannten Ortsteile bzw. entlang der Straßen K 131 und L 864 im Norden. Die Anlagen besitzen zu der Wohnbebauung im Außenbereich eine Entfernung von mind. 590 m.

Durch das Schattenwurfgutachten wird der Schattenwurf auf Wohngebäude oder Arbeitsstätten berechnet. Die Grundberechnungen gehen dabei von dem ungünstigsten Fall aus, dass die Sonne immer scheint, der Rotor sich kontinuierlich dreht und, in Bezug auf den betrachteten Immissionspunkt, senkrecht zu den Sonnenstrahlen steht. Die Berechnungen werden mit der Software WindPRO, Modul „Shadow“ der Firma EMD International A/S durchgeführt.

2 Sonnenstand

Für die Ermittlung des Rotorschattenwurfs an einem Beobachtungspunkt bilden neben dem Sonnenstand auch geometrische Größen die Grundlage. Der Stand der Sonne ist im Wesentlichen von der Erdrotation, der Neigung der Erdachse und der elliptischen Laufbahn der Erde um die Sonne abhängig. Weiterhin müssen für jeden Standort die geographischen, jahreszeitlichen, und tageszeitlichen Daten berücksichtigt werden. Mit diesen Daten werden die Deklination δ , der Stundenwinkel ω , die Sonnenhöhe h , der Azimut γ und der Sonnenauf- und Untergang berechnet (s. Abbildungen im Anhang). Die Begriffe in den Abbildungen bedeuten:

- **Deklination δ** : Jahressgang der Sonne. Winkel, um den die Sonne im Verlauf der Jahreszeiten um den Zenit am Äquator schwankt. (Winteranfang (21.12.) $-23,45^\circ$, Sommeranfang (21.6.) $23,45^\circ$ und Herbst- (23.9.) sowie Frühlingsanfang (21.3.) 0°);
- **Sonnenhöhe h** : Einfallswinkel der Sonne gegenüber einer horizontalen Fläche;
- **Stundenwinkel ω** : Winkel zwischen dem Sonnenhöchststand und dem aktuellen Sonnenstand. Zeitlich vor dem Sonnenhöchststand ist er positiv und danach negativ;
- **Azimut γ** : Winkel zwischen der Südrichtung und dem auf die horizontale Ebene projizierten Sonnenstand. Im Uhrzeigersinn vor der südlichen Richtung positiv und danach negativ;
- **Sonnenaufgang t_a , Sonnenuntergang t_u** : Aufgang/Untergang, wenn der Sonnenmittelpunkt über die horizontale Fläche morgens/abends am Horizont sichtbar/verdeckt wird.

Die Berechnungen berücksichtigen die sich verändernde Dauer eines Tages von dem vorherigen Sonnenhöchststand zum nächsten Sonnenhöchststand, die wegen der elliptischen Umlaufbahn der Erde um die Sonne um bis zu 16 Minuten variiert. Da die Ergebnisse nicht nur für ein Jahr gültig sein sollen, wird in den Berechnungen die Tagesanzahl im Jahr auf 365,25 Tage gemittelt. Dadurch verschieben sich aber die Ergebnisse in dem Zeitraum über alle vier Jahre um bis zu einem Tag.

3 Schattenwurf

Im Allgemeinen wird beim Schattenwurf zwischen dem Kern- und dem Halbschatten unterschieden. Der Kernschatten entspricht dem Bereich, in dem die direkten Sonnenstrahlen durch das Hindernis vollständig verdeckt werden. Der Halbschatten ist der Bereich, der nur von einem Teil des Sonnenlichts bestrahlt wird. Da Windenergieanlagen schmale Flügel besitzen, ist der Kernschatten nur sehr kurz und deshalb nicht relevant. Bei einer Rotorblattbreite von 2 m beträgt die Länge des Kernschattens 216 m und ist geringer als die Mindestabstände, die zur Wohnbebauung eingehalten werden müssen. Die Intensität des noch relevanten Halbschattens nimmt mit zunehmender Entfernung ab. Bei dem oben erwähnten Rotorblatt beträgt die Schattenintensität in 500 m Entfernung nur noch 43 % gegenüber dem Kernschatten.

Über den Sonnenstand wird der Schattenwurf einer WEA berechnet. Die notwendigen Daten sind:

- die Koordinaten der WEA (Breiten- und Längengrad, Höhe über NN),
- Ausmaße der WEA (Nabenhöhe, Rotordurchmesser, mittlere Blatttiefe),
- minimale Sonnenhöhe, ab welcher der Schattenwurf relevant ist.

Die minimale Sonnenhöhe gibt an, ab welchem Winkel die direkte Sonneneinstrahlung nach dem Sonnenaufgang und vor dem Sonnenuntergang so stark ist, dass der Schattenwurf eine wahrnehmbare Beeinträchtigung darstellt. Theoretisch existiert bei minimaler Sonnenhöhe ein unendlich weiter Schattenwurf, der aber in der Praxis wegen Bewuchs, Bebauung, Dunst und der zu durchdringenden Atmosphärenschichten in ebenem Gelände vernachlässigt werden kann. Daher wird Schattenwurf durch Sonnenstände unter 3° nicht berücksichtigt.

Der Beschattungsbereich (maximale Reichweite des Schattenwurfs einer WEA) wird nach dem sog. 20%-Kriterium entsprechend /3/ ermittelt. Der Abstand beinhaltet den Bereich, in welchem die Sonnenfläche gerade zu 20 % durch den Rotor verdeckt wird.

Zur Ermittlung des Schattens auf einen Immissionspunkt wird mit dem Modul „Shadow“ (WindPRO) /1/ die Simulation des Verlaufs der Sonne in 2-Minuten-Schritten über das ganze Jahr durchgeführt. Unter Berücksichtigung der Koordinaten für den jeweiligen Immissionspunkt und den WEA-Daten wird über die Simulation untersucht, ob der Immissionspunkt durch den Schattenwurf einer oder mehrerer Windenergieanlagen beeinträchtigt wird. Tritt eine Störung auf, werden dazu das Datum, der Beginn, das Ende und die Dauer des Schattens für jeden Tag angegeben. Über ein ganzes Jahr wird daraus wiederum die Anzahl der Schattentage und die gesamte Schattenwurfdauer berechnet.

Für die Windenergieanlagen des Typs Enercon E-82 E2 (2,3 MW) mit 108,4 m Nabenhöhe wurde ein max. Einwirkungsbereich des Schattenwurfes von 1.598 m auf die untersuchten vertikalen Flächen (Schattenrezeptoren gem. LAI-Hinweisen /3/) ermittelt.

4 Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen

Die Berechnungen sind für kontinuierlichen Sonnenschein durchgeführt. Da dies nicht der Fall ist, muss die Sonnenscheinwahrscheinlichkeit berücksichtigt werden, weil mit dieser die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten des Schattenwurfes einhergeht. Die Sonnenscheinwahrscheinlichkeit ist von Region zu Region unterschiedlich und basiert auf mehrjährigen Messungen. Als Datengrundlage werden die Angaben aus den „Klimadaten für Deutschland“ /2/ verwendet, die vom Deutschen Wetterdienst erstellt wurden. Angegeben wird üblicherweise die durchschnittliche Prozentzahl der Bewölkung je Monat.

Die in dem Gutachten dargestellten Ergebnisse gehen ebenfalls von dem ungünstigsten Fall aus, dass die Windrichtung mit der Richtung der Sonnenstrahlen identisch ist. Berücksichtigt man die Windrichtungsverteilung, so verkürzt sich die Dauer des Schattenwurfs je Tag, da ein Winkel zwischen der Windrichtung und der Sonnenstrahlen einen schmaleren ellipsen- bis linienförmigen Schattenwurf verursacht.

Weiterhin ist die WEA nicht dauernd in Betrieb, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten des Schattenwurfes durch den sich drehenden Rotor zusätzlich reduziert.

Die Windrichtungsverteilung kann den Daten einer nahen Wetterstation entnommen werden. Die Stillstandshäufigkeit kann ebenfalls mit Hilfe dieser Daten und der Leistungskennlinie der WEA angegeben werden. Bei Windgeschwindigkeiten unter 1,0 m/s kann in jedem Fall von einem Stillstand der Windenergieanlage ausgegangen werden.

5 Datengrundlage

Die Berechnung des Schattenwurfes basiert auf den geographischen Daten, die aus dem vorliegenden Kartenmaterial graphisch über die Berechnungssoftware ermittelt wurden. Die Berechnungen wurden für die zwei geplanten Anlagen vom Typ Enercon E-82 E2 (2,3 MW) durchgeführt. Der geplante WEA-Typ Enercon E-82 E2 (2,3 MW) ist an den Rotorblättern mit Serrations ausgestattet (TES – Tearing Edge Serrations). Die Koordinaten der geplanten WEA wurden vom Auftraggeber vorgegeben.

Im Vorfeld der Schattenwurfprognose wurde geprüft, ob von dem im Landkreis Wesermarsch geplanten Windpark Ovelgönne-Culturweg aus neun WEA der Typen Enercon E-115 (TES) und E-101 Schattenwurfbelastungen ausgehen, die in der vorliegenden Prognose als relevante Vorbelastung zu berücksichtigen sind. Die Berechnung zur Prüfung der möglichen Vorbelastung durch die neun beantragten WEA ergibt jedoch, dass der Windpark Ovelgönne-Culturweg aufgrund der Entfernung zum geplanten Standort Delfshausen an den betrachteten Immissionspunkten keinen Schattenwurf in relevantem Ausmaß erzeugt (vgl. Berechnungsergebnisse im Anhang). Die Schattenwurfbelastung an Gebäuden im Einwirkungsbereich des beantragten Windparks überlagert sich nur geringfügig mit Immissionen, die von den geplanten WEA ausgehen, sodass mit Überschreitungen der Richtwerte an vorhandenen Wohnhäusern nicht zu rechnen ist. Demzufolge fließt der beantragte Windpark nicht als Vorbelastung in die nachfolgenden Berechnungen ein.

Tabelle 1: Darstellung der bautechnischen Daten der berücksichtigten WEA

Parameter	2 gepl. WEA 01 bis 02
WEA - Typ	Enercon E-82 E2 (TES)
Nennleistung	2.300 kW
Rotordurchmesser	82,0 m
Anzahl Rotorblätter	3
Nabenhöhe	108,4 m

Die Standortdaten der berücksichtigten WEA und der berücksichtigten Immissionspunkte sind den Berechnungsausdrucken im Anhang zu entnehmen. Als Schattenrezeptor wird je betrachtetem Immissionspunkt gem. den WEA-Schattenwurf-Hinweisen /3/ ein Schattenrezeptor mit den Abmessungen von 0,1 * 0,1 m und einer Brüstungshöhe von 2,0 m angesetzt.

Die Bezeichnungen und Lagebeschreibungen für die untersuchten Immissionspunkte sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 2: Untersuchte Immissionspunkte (Schattenrezeptoren nach LAI-Schattenwurfhinweisen /3/)

Immissionspunkt	Lagebeschreibung
A	Harms Weg 18, Jaderkreuzmoor
B	Lehmder Str. 6, Jaderkreuzmoor
C	Lehmder Str. 4, Jaderkreuzmoor
D	Lehmder Str. 3, Jaderkreuzmoor
E	Lehmder Str. 1, Jaderkreuzmoor
F	Kreuzmoorstr. 42, Jaderkreuzmoor
G	Kreuzmoorstr. 44, Jaderkreuzmoor
H	Kreuzmoorstr. 48, Jaderkreuzmoor
I	Kreuzmoorstr. 50, Jaderkreuzmoor
J	Zur Jade 111, Jaderlangstraße
K	Achtern Kamp 17, Jaderlangstraße
L	Alter Lehmdermoorweg 61, Lehmdermoor
M	Alter Lehmdermoorweg 43a, Lehmdermoor
N	Lehmder Str. 436, Lehmdermoor
O	Lehmder Str. 472, Lehmdermoor

Anmerkung: Den Schattenberechnungen liegen Sichtbarkeitsanalysen zugrunde, d.h., es wird überprüft, ob eine Sichtbeziehung zwischen WEA und Immissionspunkt besteht. Berücksichtigt wird dabei das Gelände der Umgebung. Hindernisse, die z.B. durch Baumbestand etc. entstehen könnten, werden in den Berechnungen nicht berücksichtigt. Windenergieanlagen, die zu den Immissionspunkten keine Sichtbeziehung haben, erzeugen keinen Schattenwurf. Bei Einschränkung der Sichtbarkeit (z.B. nur halber Rotorfläche) entsteht auch eine Minderung des Schattenwurfes.

Die Schattenrezeptoren, d.h. hier untersuchten Immissionspunkte, sind nach dem sog. „Gewächshaus-Modus“ ausgerichtet, sie registrieren also Beschattungen aus allen Himmelsrichtungen.

Es werden insgesamt 15 Gebäude in der näheren Umgebung zu den geplanten Windenergieanlagen als Immissionspunkte untersucht. Bei den Immissionspunkten handelt es sich um die nächstgelegene Wohnbebauung mit Lage im Außenbereich. Alle Immissionspunkte wurden im Zuge einer Ortsbegehung am 04.07.2016 in Augenschein genommen.

6 Ergebnisse

Theoretische Schattenwurfzeiten (worst case)

Die Ergebnisse der Berechnung sind in der Gesamtübersichtstabelle und präziser in einem Schattenwurfkalender zu jedem Immissionspunkt im Anhang wiedergegeben. Es wurde eine Berechnung für die zwei geplanten WEA (Zusatzbelastung) durchgeführt und dokumentiert. Da am Standort Delfshausen keine relevante Vorbelastung in Bezug auf Schattenwurfimmissionen besteht (vgl. Berechnungsergebnisse zur Prüfung möglicher Vorbelastung im Anhang), stellt die Zusatzbelastung durch die drei geplanten Anlagen in diesem Falle die Gesamtbelastung am Standort dar.

Es ist sicherzustellen, dass der Immissionsrichtwert nach Empfehlungen des LAI /3/ für die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer von 30 Stunden im Kalenderjahr nicht überschritten wird. Für die tägliche Beschattungsdauer beträgt der Richtwert 30 Minuten.

Theoretische Schattenwurfzeiten (worst case) für die Gesamtbelastung

Die theoretischen Schattenwurfzeiten bezogen auf die untersuchten Immissionspunkte sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt. In den Berechnungsausdrucken im Anhang sind die Berechnungsergebnisse dokumentiert.

Tabelle 3: Berechnungsergebnisse der Gesamtbelastung

Immissionspunkt	Tage/Jahr [d/a] Worst Case	max. Dauer/Tag [h/d] Worst Case	max. Dauer/Jahr [h/a] Worst Case
A	41	0:18	8:41
B	51	0:21	12:50
C	103	0:26	33:10
D	81	0:32	31:18
E	83	0:30	32:05
F	62	0:53	47:35
G	48	0:44	25:04
H	44	0:30	16:30
I	45	0:22	11:21
J	27	0:16	5:38
K	0	0:00	0:00
L	0	0:00	0:00
M	0	0:00	0:00
N	23	0:16	4:45
O	39	0:31	12:31

Bei Betrachtung der Gesamtbelastung durch die zwei geplanten WEA ergibt sich, dass der Richtwert für die zulässige Jahresgesamstundenzahl (30 h/a) an den Immissionspunkten C bis F überschritten wird. An den Immissionspunkten D, F, G und O wird der Richtwert für die zulässige Tagesminutenzahl (30 min/d) für Schattenwurf überschritten, während er am Immissionspunkt E und H erreicht wird.

An allen übrigen Immissionspunkten werden die Richtwerte für Schattenwurf pro Jahr und pro Tag eingehalten. An den Immissionspunkten K bis M erzeugen die geplanten WEA keinen Schattenwurf.

Wahrscheinlichkeiten der Schattenwurf mindernden Ereignisse

Die den Schattenwurf reduzierenden Ereignisse, wie tatsächliche Sonnenscheindauer, tatsächliche Windverteilung und Betriebsdauer, ergeben die Wahrscheinlichkeiten für das Ereignis des Schattenwurfes.

Bei der Betrachtung der Wahrscheinlichkeiten ergibt sich, dass an dem untersuchten Standort damit zu rechnen ist, dass nur in durchschnittlich 28 % der Tages-Zeiten die Sonne scheint. In 72 % der Zeit ist mit Bewölkung zu rechnen. Für die Berechnung der Sonnenscheinwahrscheinlichkeit wurde die ca. 12 km südlich gelegene Referenzstation Oldenburg aus den „Klimadaten für Deutschland“ /2/ verwendet.

Die Wahrscheinlichkeit der verschiedenen Schattenwurf erzeugenden Rotorstellungen, bedingt durch die Häufigkeitsverteilung der verschiedenen Windrichtungen und die damit entstehenden

Schattenwurf erzeugenden Flächen in Bezug auf die Immissionspunkte, kann durch das Berechnungsprogramm ausführlich untersucht werden, ist aber in den Berechnungsergebnissen im Anhang nicht enthalten.

Die theoretische Schattenwurfzeit reduziert sich auch durch die generelle Betriebsdauer der Windenergieanlage, die leider im Sinne der Stromgewinnung auch Perioden der Windstille beinhaltet.

7 Schlussbetrachtung

Bei diesen Berechnungen wurden Immissionspunkte untersucht, die zwischen ca. 590 m und ca. 950 m von den geplanten Windenergieanlagen entfernt liegen. Unter Berücksichtigung der Drehzahl des Rotors von 6 bis 18 U/min (Enercon E-82 E2 mit 2,3 MW Nennleistung) und der Anzahl der Rotorblätter ergibt sich eine Lichtwechselfrequenz des Schattenwurfes von 0,30 Hz bis 0,90 Hz.

Die theoretischen Schattenwurfzeiten werden sich durch die in Kap. 6 genannten Reduzierungen (Windgeschehen, wahrscheinliche Sonnenscheindauer) vermindern. Eine exakte Berechnung dieser Reduzierungen ist jedoch nicht möglich. Es können nur Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen angestellt werden, da sich nicht ermitteln lässt, ob das Schattenwurf reduzierende Ereignis immer in der jahresdurchschnittlichen Häufigkeit während des errechneten Zeitraums des Schattenwurfs stattfindet.

Entsprechend den Empfehlungen des LAI /3/ soll die astronomisch maximal mögliche Schattenwurfdauer pro Tag 30 Minuten und pro Kalenderjahr 30 Stunden nicht überschreiten.

Bei Betrachtung der Gesamtbelastung durch die zwei geplanten WEA ergibt sich, dass der Richtwert für die zulässige Jahresgesamstundenzahl (30 h/a) an den Immissionspunkten C bis F überschritten wird. An den Immissionspunkten D, F, G und O wird der Richtwert für die zulässige Tagesminutenzahl (30 min/d) für Schattenwurf überschritten, während er am Immissionspunkt E und H erreicht wird.

An allen übrigen Immissionspunkten werden die Richtwerte für Schattenwurf pro Jahr und pro Tag eingehalten. An den Immissionspunkten K bis M erzeugen die geplanten WEA keinen Schattenwurf.

An den Immissionspunkten, an denen sich in der Schattenwurfprognose Überschreitungen der Richtwerte ergeben, muss die von den geplanten WEA verursachte Schattenwurfbelastung auf das zulässige Maß reduziert werden. Dies muss durch die Einrichtung einer Schattenabschaltung für die geplanten Anlagen gewährleistet werden.

Aufgrund der ermittelten möglichen Überschreitung der maximalen Schattenwurfdauer werden nach Aufbau der Windenergieanlagen die maßgeblich Schattenwurf erzeugenden WEA (s. auch Kalender) mit einer entsprechenden Regeltechnik versehen, um den tatsächlichen Schattenwurf durch zeitweise Abschaltung auf das zulässige Maß zu reduzieren. Bei Einsatz einer Abschaltautomatik, die keine meteorologischen Parameter berücksichtigt, ist durch diese der Schattenwurf auf die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer von 30 Stunden pro Kalenderjahr zu begrenzen. Wird eine Abschaltautomatik eingesetzt, die meteorologische Parameter (Schattenwurf mindernde Ereignisse) berücksichtigt, ist gem. /3/ auf die tatsächliche Beschattungsdauer von 8 Stunden pro Jahr zu begrenzen.

Dieses Schattenwurfgutachten dient zum Nachweis, ob in den dem Windpark nahegelegenen Ortslagen die zulässigen Grenzwerte für Schattenwurf eingehalten oder überschritten werden. Es werden je Ortslage die nahegelegensten Gebäude (mit Wohn- oder Arbeitsnutzung) als Immissionspunkte berücksichtigt, da ein Gutachten mit einer großen Anzahl an Immissionspunkten schnell unübersichtlich wird und für die Programmierung einer Schattenwurfabschaltung weitergehende Untersuchungen erforderlich sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass neben den untersuchten Immissionspunkten in der jeweiligen Ortslage auch weitere Gebäude von Überschreitungen betroffen sein können. Für die Einschätzung von Betroffenenheiten können die den

Gutachten beiliegenden Schattenwurfkarten genutzt werden. Bei Programmierung einer Schattenwurfabschaltung müssen die genauen Koordinaten der Immissionspunkte berücksichtigt werden. Dazu werden i.d.R. die Wandecken oder Fensterecken bei Gebäuden, sowie deren Höhenlage eingemessen. Es ist bei der Einmessung sehr ratsam auch die Gebäude bei Einmessung und Programmierung zu berücksichtigen, bei denen gem. den Vorermittlungen die Grenzwerte nur knapp eingehalten werden, da die Ermittlungen ohne eingemessene Koordinaten (Vorermittlungen) immer gewisse Unsicherheiten bergen, die dann im ungünstigen Fall doch zu leichten Überschreitungen an einem Gebäude führen könnten.

Oldenburg, den 05. Februar 2018


Dipl.-Ing. Roman Wagner vom Berg



8 Literatur

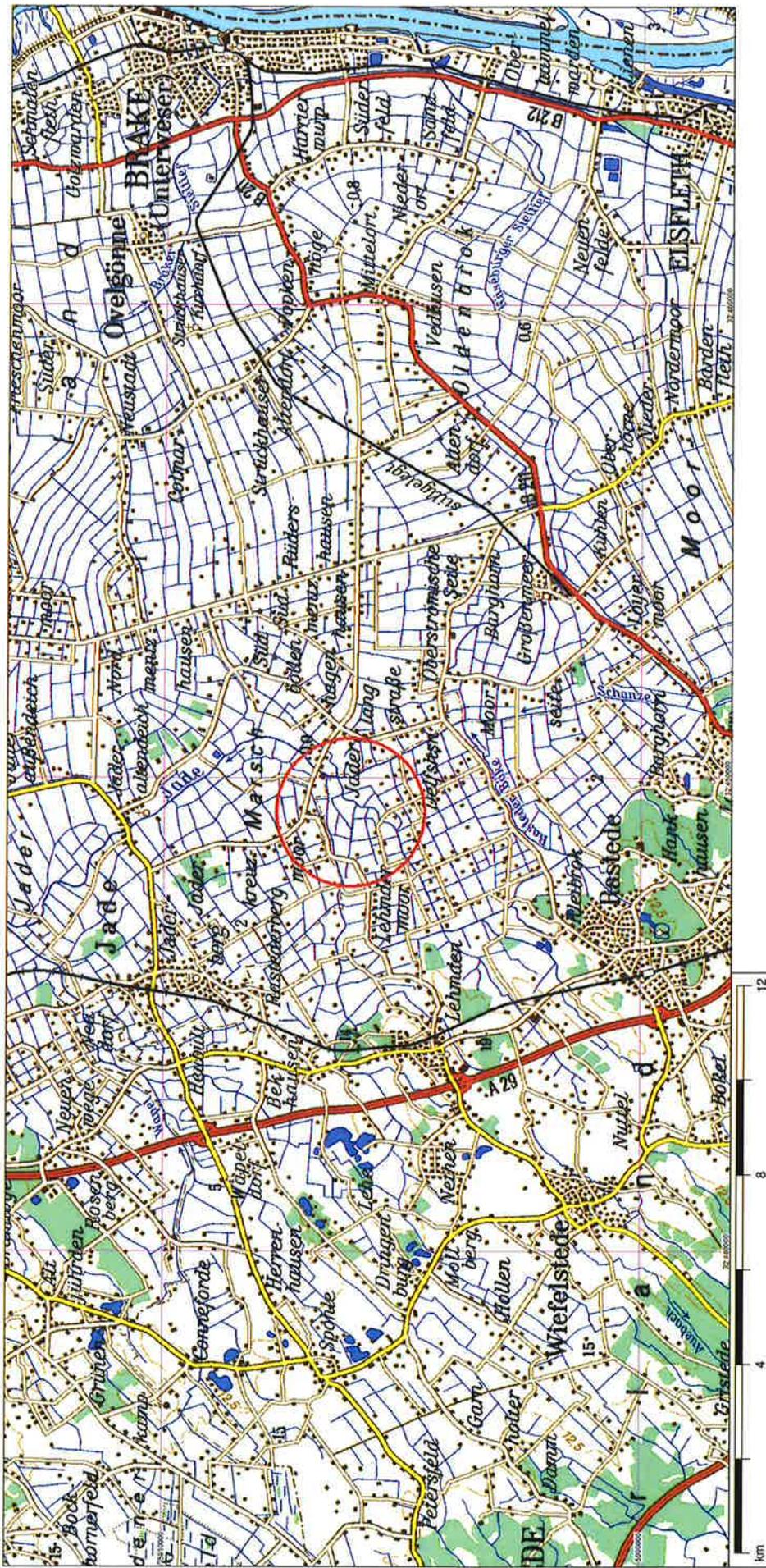
- /1/ Programmbeschreibung der Berechnungssoftware WindPRO, Modul „Shadow“ der Fa. EMD International A/S
- /2/ Deutscher Wetterdienst „Klimadaten von Deutschland, Zeitraum 1961-1990“, Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach am Main 1996
- /3/ Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI): Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Emissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise), Beschlüsse der 103. LAI-Sitzung, Mai 2002

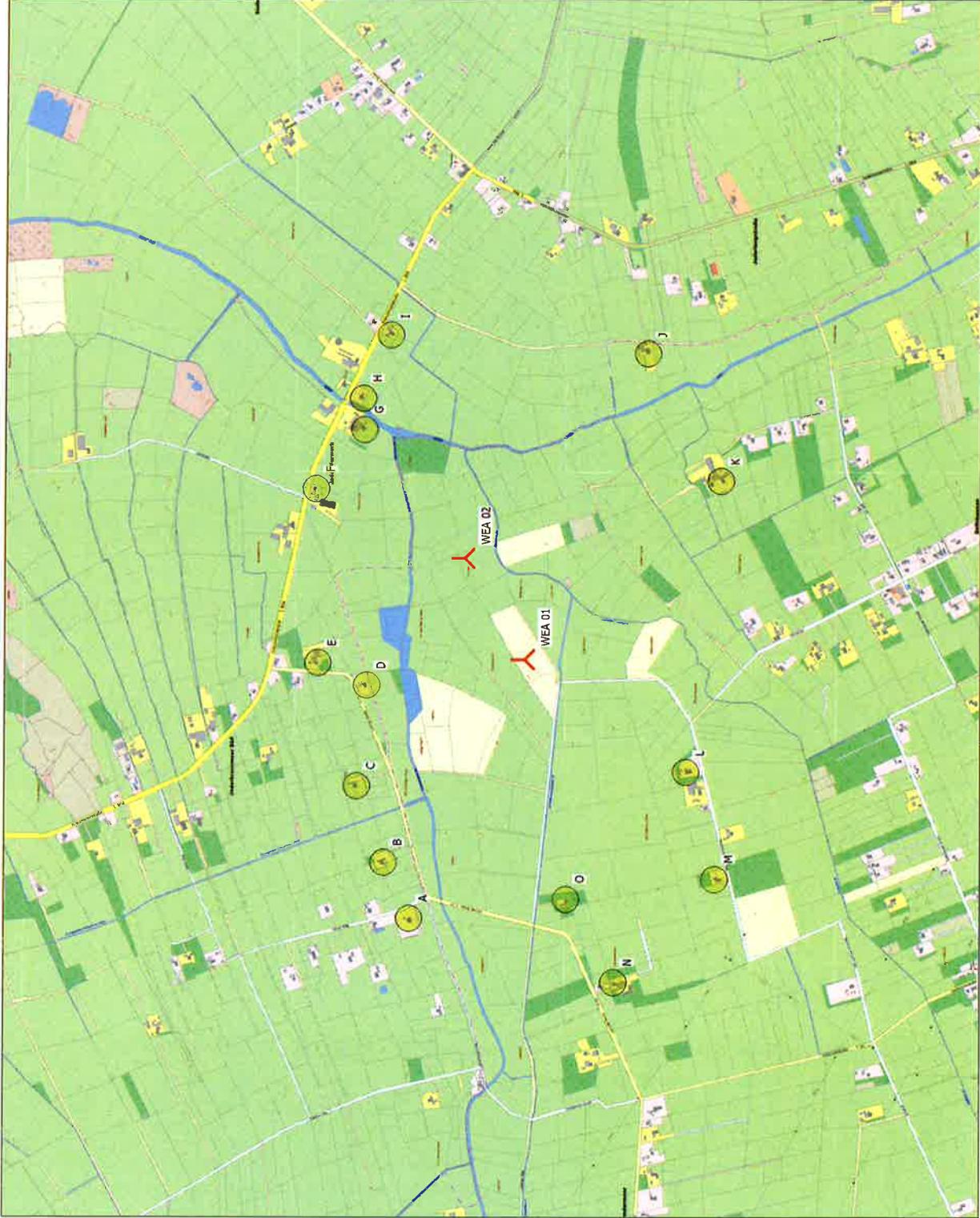
9 Anlagen zum Schattenwurfgutachten 2 WEA Enercon E-82 E2 (2,3 MW, TES) am Standort Delfshausen

- 1 Blatt Übersichtsplan
- 2 Blatt Lageplan

- 3 Blatt Prüfung der Vorbelastung durch beantr. Windpark Ovelgönne-Culturweg: 2 x Enercon E-101 (3,05 MW) & 7 x Enercon E-115 (3,0 MW, TES) - Berechnungsprotokolle inkl. Eingabedaten sowie Karte der Jahresstundenzahl (Isolinien) und max. Schattenwurf pro Tag (Raster)
- 28 Blatt Gesamtbelastung durch drei geplante WEA Enercon E-82 E2 (2,3 MW, TES) - Berechnungsprotokolle inkl. Eingabedaten und Kalender (tabellarisch und grafisch) sowie Karte der Jahresstundenzahl (Isolinien) und max. Schattenwurf pro Tag (Raster)

- 1 Blatt Daten Sonnenwahrscheinlichkeit Station Oldenburg





Karte: AK5 LGLN Rastede , Maßstab 1:15.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 449.487 Nord: 5.906.273
☉ Schattenrezeptor
Höhe der Schattenkarte: Höhenlinien: Orographie Delfshausen bearb.wipo (6)

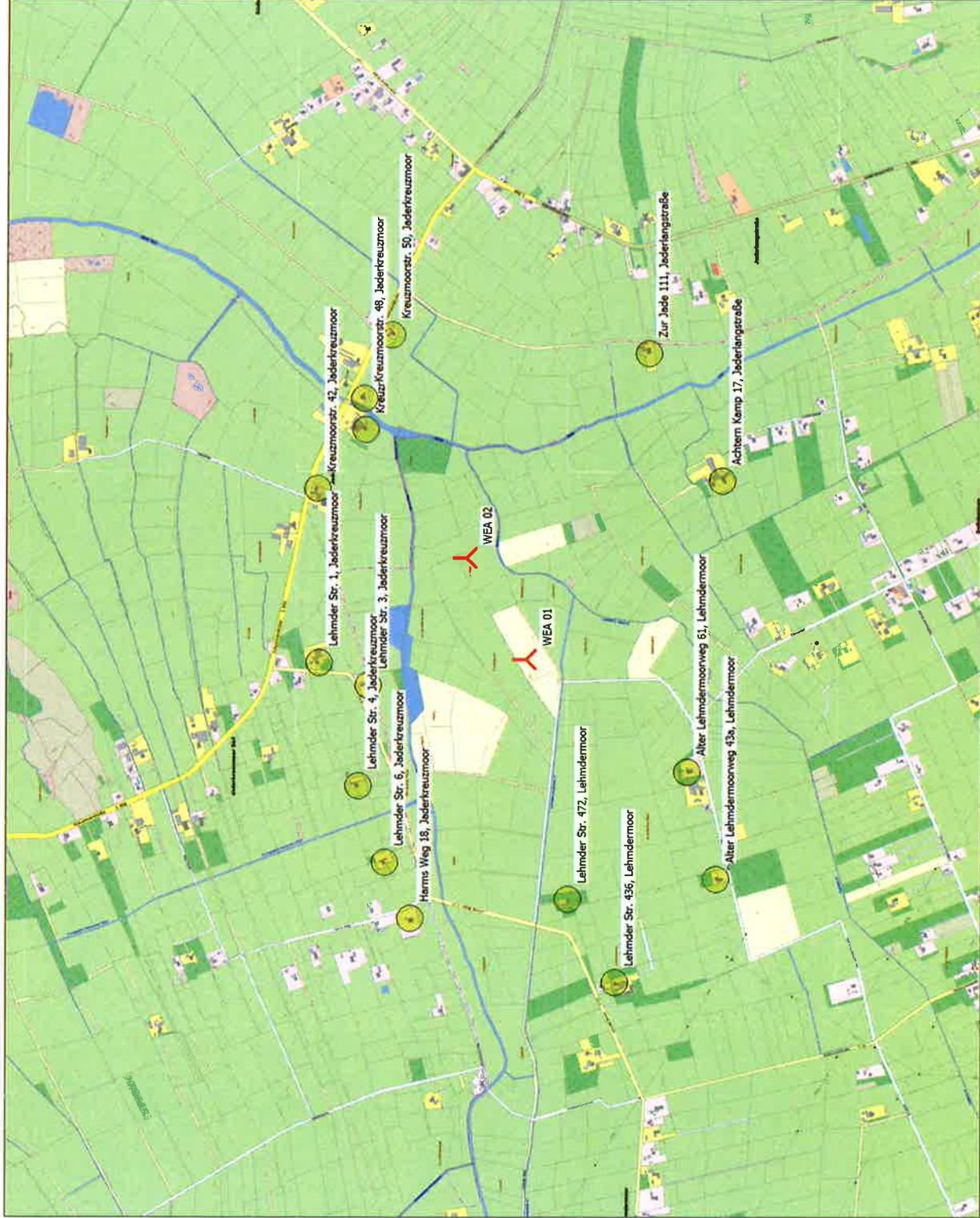
➤ Neue WEA

SHADOW - Karte

Berechnung:
Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES)

Lizenzierter Anwender:
Ingenieurbüro PLANKON
Blumenstrasse 26
DE-26121 Oldenburg
0441 390 34 - 0

Roman Wagner vom Berg / mail@plankon.de
Berechnet:
02.02.2018 19:11/3.1.617



**SHADOW -
Karte**

Berechnung:
Gesamtbelastung: 2 geopl. WEA Enercon E-82 E2 (TES)

Lizenzierter Anwender:
Ingenieurbüro PLANKON
Blumenstrasse 26
DE-26121 Oldenburg
0441 390 34 - 0
Roman Wagner vom Berg / mail@plankon.de
Berechnet:
02.02.2018 19:11/3.1.617

05.02.2018 22:33 / 1



Karte: AK5 LGLN Rastede , Maßstab 1:15.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 449.487 Nord: 5.906.273
Schattenrezeptor

Höhe der Schattenkarte: Höhenlinien: Orographie Deifshausen bearb.wpo (6)

Neue WEA

windPRO 3.1.617 / EMD International A/S, Tel. +45 96 35 44 44, www.emd.dk, windpro@emd.dk

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Prüfung als mögl. Vorbelastung: 9 beantr. WEA im WP Ovelgönne-Culturweg

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

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

Verwendete Höhenlinien: Höhenlinien: Orographie Delshausen bearb.wpo (6)

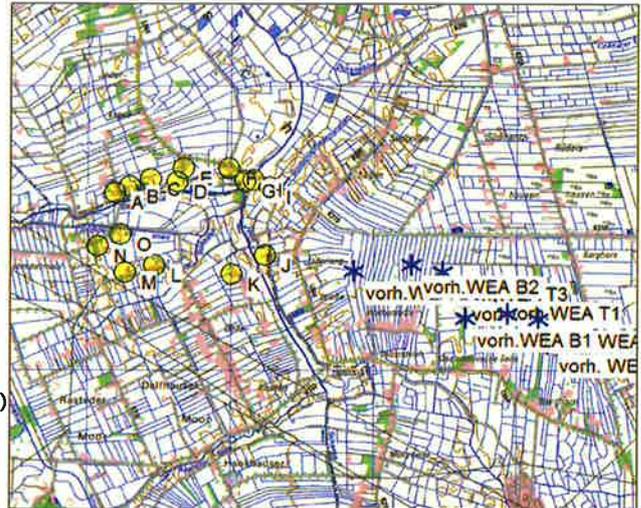
Hindernisse in Berechnung nicht verwendet

Augenhöhe: 1,5 m

Rasterauflösung: 10,0 m

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

WEA



Maßstab 1:100.000
* Existierende WEA ☉ Schattenrezeptor

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nennleistung [kW]	Rotor-durchmesser [m]	Nabenhöhe [m]	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich [m]	U/min [U/min]
vorh. WEA C1	454.391	5.904.453	0,0	Enercon E-115 (... Ja	ENERCON	E-115-3.000	3.000	115,7	135,4	2.142	13,0	
vorh. WEA C2	454.254	5.904.796	0,0	Enercon E-115 (... Ja	ENERCON	E-115-3.000	3.000	115,7	135,4	2.142	13,0	
vorh. WEA C3	453.829	5.904.877	0,0	Enercon E-115 (... Ja	ENERCON	E-115-3.000	3.000	115,7	135,4	2.142	13,0	
vorh.WEA B1	453.242	5.904.818	0,0	Enercon E-115 (... Ja	ENERCON	E-115-3.000	3.000	115,7	135,4	2.142	13,0	
vorh.WEA B2	452.484	5.905.570	0,0	Enercon E-101 Ja	ENERCON	E-101-3.050	3.050	101,0	149,0	2.213	14,5	
vorh.WEA B3	451.677	5.905.481	0,0	Enercon E-101 Ja	ENERCON	E-101-3.050	3.050	101,0	149,0	2.213	14,5	
vorh.WEA T1	453.656	5.905.199	0,0	Enercon E-115 (... Ja	ENERCON	E-115-3.000	3.000	115,7	135,4	2.142	13,0	
vorh.WEA T2	453.164	5.905.179	0,0	Enercon E-115 (... Ja	ENERCON	E-115-3.000	3.000	115,7	135,4	2.142	13,0	
vorh.WEA T3	452.919	5.905.462	0,0	Enercon E-115 (... Ja	ENERCON	E-115-3.000	3.000	115,7	135,4	2.142	13,0	

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe über Grund	Azimutwinkel (von Süd)	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	
A	Harms Weg 18, Jaderkreuzmoor	448.337	5.906.573	-0,4	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
B	Lehmder Str. 6, Jaderkreuzmoor	448.545	5.906.669	-0,5	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
C	Lehmder Str. 4, Jaderkreuzmoor	448.829	5.906.768	-0,5	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
D	Lehmder Str. 3, Jaderkreuzmoor	449.204	5.906.733	-0,2	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
E	Lehmder Str. 1, Jaderkreuzmoor	449.287	5.906.914	-0,2	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
F	Kreuzmoorstr. 42, Jaderkreuzmoor	449.937	5.906.922	0,3	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
G	Kreuzmoorstr. 44, Jaderkreuzmoor	450.156	5.906.743	1,8	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
H	Kreuzmoorstr. 48, Jaderkreuzmoor	450.273	5.906.750	0,5	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
I	Kreuzmoorstr. 50, Jaderkreuzmoor	450.510	5.906.648	0,0	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
J	Zur Jade 111, Jaderlangstraße	450.441	5.905.696	0,3	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
K	Achtern Kamp 17, Jaderlangstraße	449.966	5.905.424	-0,5	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
L	Alter Lehmdermoorweg 61, Lehmdermoor	448.880	5.905.551	0,0	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
M	Alter Lehmdermoorweg 43a, Lehmdermoor	448.483	5.905.445	-0,1	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
N	Lehmder Str. 436, Lehmdermoor	448.099	5.905.817	0,0	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
O	Lehmder Str. 472, Lehmdermoor	448.407	5.905.993	0,0	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Prüfung als mögl. Vorbelastung: 9 beantr. WEA im WP Ovelgönne-Culturweg

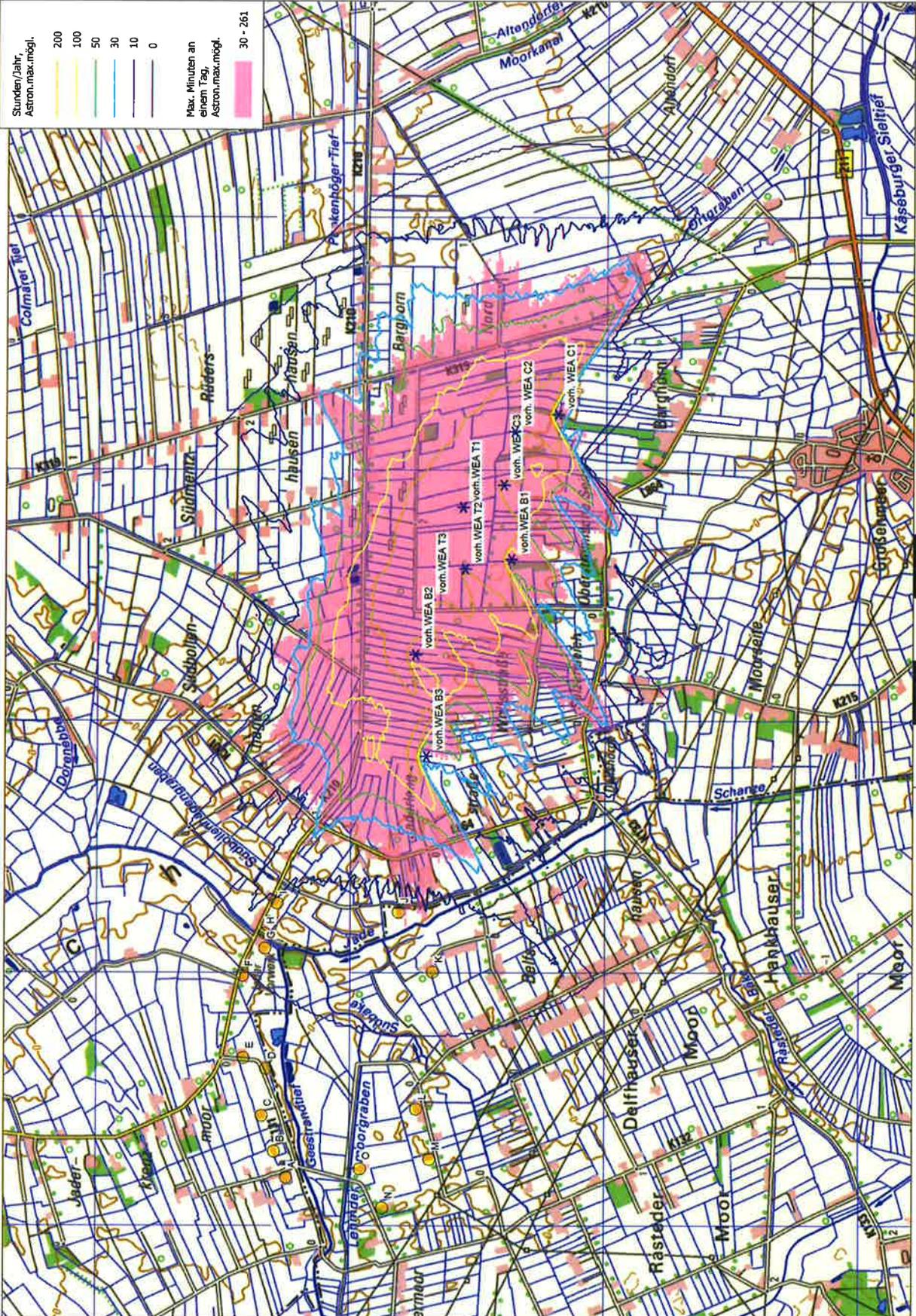
Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

Nr. Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer		
	Stunden/Jahr [Std/Jahr]	Schattentage/a [Tage/Jahr]	Max.Schatten Stunden/Tag [Std/Tag]
A Harms Weg 18, Jaderkreuzmoor	0:00	0	0:00
B Lehmdr Str. 6, Jaderkreuzmoor	0:00	0	0:00
C Lehmdr Str. 4, Jaderkreuzmoor	0:00	0	0:00
D Lehmdr Str. 3, Jaderkreuzmoor	0:00	0	0:00
E Lehmdr Str. 1, Jaderkreuzmoor	0:00	0	0:00
F Kreuzmoorstr. 42, Jaderkreuzmoor	0:00	0	0:00
G Kreuzmoorstr. 44, Jaderkreuzmoor	3:32	24	0:13
H Kreuzmoorstr. 48, Jaderkreuzmoor	4:27	28	0:13
I Kreuzmoorstr. 50, Jaderkreuzmoor	6:31	34	0:15
J Zur Jade 111, Jaderlangstraße	7:37	27	0:26
K Achtern Kamp 17, Jaderlangstraße	3:07	17	0:14
L Alter Lehmdermoorweg 61, Lehmdermoor	0:00	0	0:00
M Alter Lehmdermoorweg 43a, Lehmdermoor	0:00	0	0:00
N Lehmdr Str. 436, Lehmdermoor	0:00	0	0:00
O Lehmdr Str. 472, Lehmdermoor	0:00	0	0:00

Gesamtmenge der max. mögl. Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal	Erwartet
		[Std/Jahr]	[Std/Jahr]
vorh. WEA C1 Enercon E-115 (TES)		0:00	
vorh. WEA C2 Enercon E-115 (TES)		0:00	
vorh. WEA C3 Enercon E-115 (TES)		0:00	
vorh.WEA B1 Enercon E-115 (TES)		0:00	
vorh.WEA B2 Enercon E-101		2:01	
vorh.WEA B3 Enercon E-101		22:42	
vorh.WEA T1 Enercon E-115 (TES)		0:00	
vorh.WEA T2 Enercon E-115 (TES)		0:00	
vorh.WEA T3 Enercon E-115 (TES)		0:00	



Stunden/Jahr,
Astron. max. mögl.

200
100
50
30
10
0

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

30 - 261

0 500 1000 1500 2000 m
Karte: TK501 Heubult akt., Maßstab 1:30.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 452.419 Nord: 5.905.240
Höhe der Schattenkarte: Höhenlinien: Orographie Delfshausen bearb. wpc (6)

* Existierende WEA
☉ Schattenrezeptor

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES)

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: Höhenlinien: Orographie Delfshausen bearb.wpo (6)

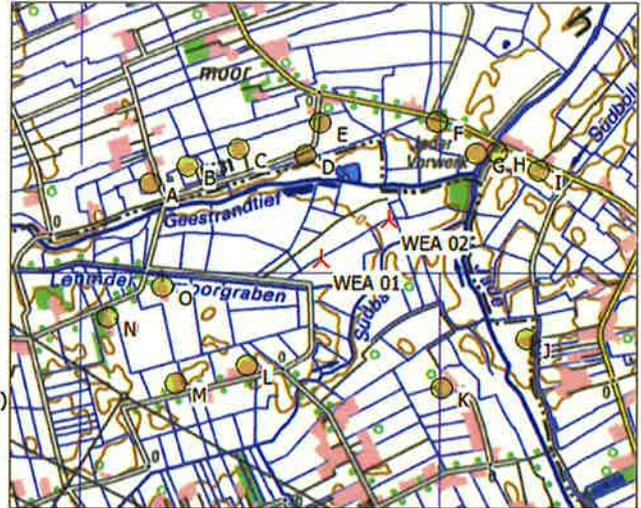
Hindernisse in Berechnung nicht verwendet

Augenhöhe: 1,5 m
Rasterauflösung: 10,0 m

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

WEA

	Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ			Nenn-leistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Schattendaten	
					Aktuell	Hersteller	Typ				Beschatt.-Bereich	U/min
			[m]								[m]	[U/min]
WEA 01	449.299	5.906.148	-0,1	WEA 01	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	108,4	1.598	18,0
WEA 02	449.677	5.906.369	-0,1	WEA 02	Ja	ENERCON	E-82 E2-2.300	2.300	82,0	108,4	1.598	18,0



Maßstab 1:40.000
▲ Neue WEA ● Schattenrezeptor

Schattenrezeptor-Eingabe

Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Breite	Höhe	Höhe über Grund	Azimutwinkel (von Süd)	Neigung des Fensters	Ausrichtungsmodus
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	
A	Harms Weg 18, Jaderkreuzmoor	448.337	5.906.573	-0,4	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
B	Lehmder Str. 6, Jaderkreuzmoor	448.545	5.906.669	-0,5	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
C	Lehmder Str. 4, Jaderkreuzmoor	448.829	5.906.768	-0,5	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
D	Lehmder Str. 3, Jaderkreuzmoor	449.204	5.906.733	-0,2	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
E	Lehmder Str. 1, Jaderkreuzmoor	449.287	5.906.914	-0,2	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
F	Kreuzmoorstr. 42, Jaderkreuzmoor	449.937	5.906.922	0,3	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
G	Kreuzmoorstr. 44, Jaderkreuzmoor	450.156	5.906.743	1,8	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
H	Kreuzmoorstr. 48, Jaderkreuzmoor	450.273	5.906.750	0,5	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
I	Kreuzmoorstr. 50, Jaderkreuzmoor	450.510	5.906.648	0,0	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
J	Zur Jade 111, Jaderlangstraße	450.441	5.905.696	0,2	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
K	Achtern Kamp 17, Jaderlangstraße	449.966	5.905.424	-0,5	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
L	Alter Lehmdermoorweg 61, Lehmdermoor	448.880	5.905.551	0,0	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
M	Alter Lehmdermoorweg 43a, Lehmdermoor	448.483	5.905.445	-0,1	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
N	Lehmder Str. 436, Lehmdermoor	448.099	5.905.817	0,0	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"
O	Lehmder Str. 472, Lehmdermoor	448.407	5.905.993	0,0	0,1	0,1	2,0	0,0	90,0	"Gewächshaus-Modus"

Berechnungsergebnisse

Schattenrezeptor

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer		
		Stunden/Jahr	Schattentage/a	Max.Schatten Stunden/Tag
		[Std/Jahr]	[Tage/Jahr]	[Std/Tag]
A	Harms Weg 18, Jaderkreuzmoor	8:41	41	0:18
B	Lehmder Str. 6, Jaderkreuzmoor	12:50	51	0:21
C	Lehmder Str. 4, Jaderkreuzmoor	33:10	103	0:26
D	Lehmder Str. 3, Jaderkreuzmoor	31:18	81	0:32
E	Lehmder Str. 1, Jaderkreuzmoor	32:05	83	0:30
F	Kreuzmoorstr. 42, Jaderkreuzmoor	47:35	62	0:53
G	Kreuzmoorstr. 44, Jaderkreuzmoor	25:04	48	0:44

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:

Delfshausen

Lizenzierter Anwender:

Ingenieurbüro PLANKon

Blumenstrasse 26

DE-26121 Oldenburg

0441 390 34 - 0

Roman Wagner vom Berg / mail@plankon.de

Berechnet:

02.02.2018 19:11/3.1.617

SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES)

...(Fortsetzung von letzter Seite)

Nr.	Name	astron. max. mögl. Beschattungsdauer		
		Stunden/Jahr [Std/Jahr]	Schattentage/a [Tage/Jahr]	Max.Schatten Stunden/Tag [Std/Tag]
H	Kreuzmoorstr. 48, Jaderkreuzmoor	16:30	44	0:30
I	Kreuzmoorstr. 50, Jaderkreuzmoor	11:21	45	0:22
J	Zur Jade 111, Jaderlangstraße	5:38	27	0:16
K	Achtern Kamp 17, Jaderlangstraße	0:00	0	0:00
L	Alter Lehmdermoorweg 61, Lehmdermoor	0:00	0	0:00
M	Alter Lehmdermoorweg 43a, Lehmdermoor	0:00	0	0:00
N	Lehmder Str. 436, Lehmdermoor	4:45	23	0:16
O	Lehmder Str. 472, Lehmdermoor	12:31	39	0:31

Gesamtmenge der max. mögl. Beschattung an Rezeptoren pro WEA

Nr.	Name	Maximal [Std/Jahr]
WEA 01	WEA 01	104:25
WEA 02	WEA 02	136:57

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

Projekt:

Delfshausen

Lizenzierter Anwender:

Ingenieurbüro PLANKon

Blumenstrasse 26

DE-26121 Oldenburg

0441 390 34 - 0

Roman Wagner vom Berg / mail@plankon.de

Berechnet:

02.02.2018 19:11/3.1.617

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES) **Schattenrezeptor:** A - Harms Weg 18, Jaderkreuzmoor
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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

Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang

Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinstrahlung

Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

	Januar	Februar	März	April	Mal	Junl
1	08:43 16:19	08:14 17:09	07:17 18:04			
2	08:43 16:20	08:12 17:11	07:15 18:06	15 08:02 (WEA 01) 08:02 (WEA 01)	07:03 07:01	05:56 05:53
3	08:43 16:21	08:10 17:13	07:13 18:08	12 08:14 (WEA 01) 08:05 (WEA 01)	20:03 06:59	20:57 05:51
4	08:42 16:23	08:09 17:15	07:10 18:10	7 08:12 (WEA 01)	20:05 06:56	20:59 05:50
5	08:42 16:24	08:07 17:17	07:08 18:12		20:07 06:54	21:01 05:48
6	08:42 16:25	08:05 17:19	07:06 18:13		20:08 06:52	21:02 05:46
7	08:41 16:26	08:03 17:21	07:03 18:15		20:10 06:49	21:04 05:44
8	08:41 16:28	08:01 17:23	07:01 18:17		20:12 06:47	21:06 05:42
9	08:40 16:29	07:59 17:25	06:59 18:19		20:14 06:44	21:08 05:40
10	08:40 16:31	07:58 17:27	06:56 18:21		20:16 20:17	21:09 21:11
11	08:39 16:32	07:56 17:29	06:54 18:23		06:40 20:19	05:36 21:13
12	08:38 16:34	07:54 17:31	06:52 18:25		06:37 20:21	05:35 21:14
13	08:37 16:35	07:52 17:33	06:49 18:27		06:35 20:23	05:33 21:16
14	08:37 16:37	07:50 17:35	06:47 18:28	7 07:10 (WEA 02) 07:17 (WEA 02)	06:33 20:25	05:31 21:18
15	08:36 16:38	07:48 17:37	06:44 18:30	11 07:08 (WEA 02) 07:19 (WEA 02)	06:30 20:27	05:30 21:19
16	08:35 16:40	07:46 17:39	06:42 18:32	14 07:06 (WEA 02) 07:20 (WEA 02)	06:28 20:28	05:28 21:21
17	08:34 16:42	07:44 17:41	06:40 18:34	14 07:05 (WEA 02) 07:19 (WEA 02)	06:26 20:30	05:26 21:23
18	08:33 16:44	07:41 17:43	06:37 18:36	14 07:05 (WEA 02) 07:19 (WEA 02)	06:24 20:32	05:25 21:24
19	08:32 16:45	07:39 17:45	06:35 18:38	13 07:05 (WEA 02) 07:18 (WEA 02)	06:21 20:34	05:23 21:26
20	08:31 16:47	07:37 17:47	06:32 18:39	11 07:06 (WEA 02) 07:17 (WEA 02)	06:19 20:36	05:22 21:27
21	08:29 16:49	07:35 17:49	06:30 18:41	8 07:07 (WEA 02) 07:15 (WEA 02)	06:17 20:37	05:20 21:29
22	08:28 16:51	07:33 17:51	06:28 18:43		06:15 20:39	05:19 21:30
23	08:27 16:52	07:31 17:52	06:25 18:45		06:12 20:41	05:18 21:32
24	08:26 16:54	07:29 17:54	06:23 18:47		06:10 20:43	05:16 21:33
25	08:24 16:56	07:26 17:56	06:20 18:49		06:08 20:45	05:15 21:35
26	08:23 16:58	07:24 17:58	06:18 18:50		06:06 20:46	05:14 21:36
27	08:21 17:00	07:22 18:00	06:16 18:52		06:04 20:48	05:13 21:38
28	08:20 17:02	07:20 18:02	06:13 18:54		06:02 20:50	05:11 21:39
29	08:18 17:04		07:11 19:56		06:00 20:52	05:10 21:40
30	08:17 17:06		07:08 19:58		05:58 20:54	05:09 21:42
31	08:15 17:07		07:06 19:59			05:08 21:43
	Sonnenscheinstunden	252	274	367	419	491
	astr.max.mögl.Beschattung		134	126		507

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

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

Projekt:

Delfshausen

Lizenzierter Anwender:

Ingenieurbüro PLANKON

Blumenstrasse 26

DE-26121 Oldenburg

0441 390 34 - 0

Roman Wagner vom Berg / mail@plankon.de

Berechnet:

02.02.2018 19:11/3.1.617

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES) **Schattenrezeptor:** A - Harms Weg 18, Jaderkreuzmoor
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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

Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang

Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinstrahlungsrichtung

Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

	Jul	August	September		Oktober		November	Dezember
1	05:04 21:59	05:42 21:24	06:35 20:19		07:27 19:07		07:24 16:57	08:18 16:14
2	05:04 21:58	05:44 21:23	06:37 20:17		07:29 19:04		07:26 16:55	08:20 16:13
3	05:05 21:58	05:46 21:21	06:39 20:14		07:31 19:02		07:28 16:53	08:21 16:13
4	05:06 21:57	05:47 21:19	06:41 20:12		07:33 18:59		07:30 16:52	08:23 16:12
5	05:07 21:57	05:49 21:17	06:42 20:10		07:35 18:57		07:32 16:50	08:24 16:11
6	05:08 21:56	05:51 21:15	06:44 20:07		07:36 18:55		07:34 16:48	08:25 16:11
7	05:09 21:56	05:52 21:13	06:46 20:05		07:38 18:52		07:36 16:46	08:27 16:11
8	05:09 21:55	05:54 21:12	06:48 20:02		07:40 18:50		07:38 16:44	08:28 16:10
9	05:11 21:54	05:56 21:10	06:49 20:00		07:42 18:48		07:40 16:42	08:29 16:10
10	05:12 21:53	05:57 21:08	06:51 19:58		07:44 18:45		07:42 16:41	08:30 16:09
11	05:13 21:53	05:59 21:06	06:53 19:55		07:45 18:43	08:38 (WEA 01)	07:43 16:39	08:32 16:09
12	05:14 21:52	06:01 21:04	06:54 19:53		07:47 18:41	9 08:47 (WEA 01) 08:36 (WEA 01)	07:45 16:37	08:33 16:09
13	05:15 21:51	06:03 21:01	06:56 19:50		07:49 18:38	13 08:49 (WEA 01) 08:34 (WEA 01)	07:47 16:36	08:34 16:09
14	05:16 21:50	06:04 20:59	06:58 19:48		07:51 18:36	16 08:50 (WEA 01) 08:34 (WEA 01)	07:49 16:34	08:35 16:09
15	05:17 21:49	06:06 20:57	07:00 19:46		07:53 18:34	17 08:51 (WEA 01) 08:32 (WEA 01)	16:34 16:33	08:36 16:09
16	05:19 21:48	06:08 20:55	07:01 19:43		07:54 18:31	18 08:50 (WEA 01) 08:32 (WEA 01)	16:33 16:31	08:37 16:09
17	05:20 21:47	06:09 20:53	07:03 19:41		07:56 18:29	18 08:50 (WEA 01) 08:32 (WEA 01)	16:31 16:30	08:37 16:09
18	05:21 21:45	06:11 20:51	07:05 19:38		07:58 18:27	17 08:49 (WEA 01) 08:33 (WEA 01)	16:28 16:27	08:38 16:09
19	05:23 21:44	06:13 20:49	07:06 19:36		08:00 18:25	15 08:48 (WEA 01) 08:34 (WEA 01)	16:27 16:26	08:39 16:10
20	05:24 21:43	06:15 20:47	07:08 19:33		08:02 18:22	13 08:47 (WEA 01) 08:35 (WEA 01)	16:26 16:25	08:40 16:10
21	05:26 21:41	06:16 20:44	07:10 19:31		08:04 18:20	10 08:45 (WEA 01) 08:39 (WEA 01)	16:24 16:24	08:40 16:11
22	05:27 21:40	06:18 20:42	07:12 19:28	7 07:53 (WEA 02) 08:00 (WEA 02)	08:06 18:18	3 08:42 (WEA 01)	16:23 16:23	08:41 16:11
23	05:28 21:39	06:20 20:40	07:13 19:26	10 08:00 (WEA 02)	08:07 18:16		16:22 16:22	08:41 16:12
24	05:30 21:37	06:22 20:38	07:15 19:24	12 08:01 (WEA 02)	08:09 18:14		16:21 16:21	08:42 16:12
25	05:31 21:36	06:23 20:35	07:17 19:21	14 08:02 (WEA 02)	07:11 17:12		16:20 16:20	08:42 16:13
26	05:33 21:34	06:25 20:33	07:19 19:19	14 08:02 (WEA 02)	07:13 17:09		16:19 16:19	08:42 16:13
27	05:34 21:33	06:27 20:31	07:20 19:16	13 08:00 (WEA 02)	07:15 17:07		16:18 16:18	08:43 16:14
28	05:36 21:31	06:28 20:28	07:22 19:14	12 08:00 (WEA 02)	07:17 17:05		16:17 16:17	08:43 16:15
29	05:38 21:30	06:30 20:26	07:24 19:11	8 07:58 (WEA 02)	07:19 17:03		16:16 16:16	08:43 16:16
30	05:39 21:28	06:32 20:24	07:26 19:09	4 07:52 (WEA 02) 07:56 (WEA 02)	07:21 17:01		16:15 16:15	08:43 16:17
31	05:41 21:26	06:34 20:22			07:23 16:59			08:43 16:18
Sonnenscheinstunden	509	458	382		329		261	236
astr.max.mögl.Beschattung			94		167			

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

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

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES) **Schattenrezeptor:** B - Lehmdor Str. 6, Jaderkreuzmoor
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	
1	08:43 16:19	08:14 17:09	07:17 18:04	07:03 20:01	05:56 20:55	05:07 21:44	
2	08:43 16:20	08:12 17:11	07:15 18:06	07:01 20:03	05:53 20:57	05:06 21:45	
3	08:43 16:21	08:10 17:13	07:13 18:08	06:59 20:05	05:51 20:59	05:05 21:46	
4	08:42 16:23	08:09 17:15	08:44 (WEA 01) 08:52 (WEA 01)	07:10 18:10	06:56 20:07	05:50 21:01	
5	08:42 16:24	08:07 17:17	08:43 (WEA 01) 08:55 (WEA 01)	07:08 18:12	06:54 20:08	05:48 21:02	
6	08:42 16:25	08:05 17:19	08:41 (WEA 01) 08:57 (WEA 01)	07:06 18:13	06:52 20:10	05:46 21:04	
7	08:41 16:26	08:03 17:21	08:40 (WEA 01) 08:58 (WEA 01)	07:03 18:15	06:49 20:12	05:44 21:06	
8	08:41 16:28	08:01 17:23	08:40 (WEA 01) 08:59 (WEA 01)	07:01 18:17	06:47 20:14	05:42 21:08	
9	08:40 16:29	07:59 17:25	08:39 (WEA 01) 08:59 (WEA 01)	06:59 18:19	06:44 20:16	05:40 21:09	
10	08:40 16:31	07:58 17:27	08:39 (WEA 01) 09:00 (WEA 01)	06:56 18:21	06:42 20:17	05:38 21:11	
11	08:39 16:32	07:56 17:29	08:39 (WEA 01) 09:00 (WEA 01)	06:54 18:23	06:40 20:19	05:36 21:13	
12	08:38 16:34	07:54 17:31	08:38 (WEA 01) 08:59 (WEA 01)	06:52 18:25	06:37 20:21	05:35 21:14	
13	08:37 16:35	07:52 17:33	08:38 (WEA 01) 08:59 (WEA 01)	06:49 18:27	06:35 20:23	05:33 21:16	
14	08:37 16:37	07:50 17:35	08:39 (WEA 01) 08:59 (WEA 01)	06:47 18:28	06:33 20:25	05:31 21:18	
15	08:36 16:38	07:48 17:37	08:40 (WEA 01) 08:58 (WEA 01)	06:44 18:30	06:30 20:27	05:30 21:19	
16	08:35 16:40	07:46 17:39	08:41 (WEA 01) 08:57 (WEA 01)	06:42 18:32	06:28 20:28	05:28 21:21	
17	08:34 16:42	07:44 17:41	08:42 (WEA 01) 08:56 (WEA 01)	06:40 18:34	06:26 20:30	05:26 21:23	
18	08:33 16:44	07:41 17:43	08:44 (WEA 01) 08:54 (WEA 01)	06:37 18:36	06:24 20:32	05:25 21:24	
19	08:32 16:45	07:39 17:45	08:59 (WEA 01) 08:59 (WEA 01)	06:35 18:38	06:21 20:34	05:23 21:26	
20	08:31 16:47	07:37 17:47	08:59 (WEA 01) 08:59 (WEA 01)	06:32 18:39	06:19 20:36	05:22 21:27	
21	08:29 16:49	07:35 17:49	08:59 (WEA 01) 08:59 (WEA 01)	06:30 18:41	06:17 20:37	05:20 21:29	
22	08:28 16:51	07:33 17:51	08:59 (WEA 01) 08:59 (WEA 01)	06:28 18:43	06:15 20:39	05:19 21:30	
23	08:27 16:52	07:31 17:52	08:59 (WEA 01) 08:59 (WEA 01)	06:25 18:45	06:12 20:41	05:18 21:32	
24	08:26 16:54	07:29 17:54	08:59 (WEA 01) 08:59 (WEA 01)	06:23 18:47	06:10 20:43	05:16 21:33	
25	08:24 16:56	07:26 17:56	08:59 (WEA 01) 08:59 (WEA 01)	06:20 18:49	06:08 20:45	05:15 21:35	
26	08:23 16:58	07:24 17:58	08:59 (WEA 01) 08:59 (WEA 01)	06:18 18:50	06:06 20:46	05:14 21:36	
27	08:21 17:00	07:22 18:00	08:59 (WEA 01) 08:59 (WEA 01)	06:16 18:52	06:04 20:48	05:12 21:38	
28	08:20 17:02	07:20 18:02	08:59 (WEA 01) 08:59 (WEA 01)	06:13 18:54	06:02 20:50	05:11 21:39	
29	08:18 17:04		08:59 (WEA 01) 08:59 (WEA 01)	07:11 19:56	06:00 20:52	05:10 21:40	
30	08:17 17:06		08:59 (WEA 01) 08:59 (WEA 01)	07:08 19:58	05:58 20:54	05:09 21:42	
31	08:15 17:07		08:59 (WEA 01) 08:59 (WEA 01)	07:06 19:59	05:58 21:43	05:09 21:43	
	Sonnenscheinstunden	252	274	367	419	491	507
	astr.max.mögl.Beschattung		255	128			

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

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

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES) **Schattenrezeptor:** B - Lehmdr Str. 6, Jaderkreuzmoor
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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

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

	Jul	August	September		Oktober		November		Dezember
1	05:04 21:59	05:42 21:24	06:35 20:19		07:27 19:07		07:24 16:57		08:18 16:14
2	05:04 21:58	05:44 21:23	06:37 20:17		07:29 19:04	14	08:07 (WEA 02) 08:06 (WEA 02)	20	08:28 (WEA 01) 08:09 (WEA 01)
3	05:05 21:58	05:46 21:21	06:39 20:14		07:31 19:02	15	08:21 (WEA 02) 08:06 (WEA 02)	20	08:29 (WEA 01) 08:10 (WEA 01)
4	05:06 21:57	05:47 21:19	06:41 20:12		07:33 18:59	16	08:22 (WEA 02) 08:06 (WEA 02)	17	08:27 (WEA 01) 08:10 (WEA 01)
5	05:07 21:57	05:49 21:17	06:42 20:10		07:35 18:57	15	08:06 (WEA 02) 08:21 (WEA 02)	15	08:11 (WEA 01) 08:26 (WEA 01)
6	05:08 21:56	05:51 21:15	06:44 20:07		07:36 18:55	14	08:06 (WEA 02) 08:20 (WEA 02)	12	08:13 (WEA 01) 08:25 (WEA 01)
7	05:08 21:56	05:52 21:13	06:46 20:05		07:38 18:52	14	08:06 (WEA 02) 08:18 (WEA 02)	7	08:15 (WEA 01) 08:22 (WEA 01)
8	05:09 21:55	05:54 21:11	06:47 20:02		07:40 18:50	10	08:07 (WEA 02) 08:17 (WEA 02)		08:28 16:10
9	05:10 21:54	05:56 21:10	06:49 20:00		07:42 18:48		16:44 07:40		16:10 08:29
10	05:12 21:53	05:57 21:08	06:51 19:58		07:44 18:45		16:42 16:41		16:10 16:09
11	05:13 21:53	05:59 21:06	06:53 19:55		07:45 18:43		07:43 16:39		08:32 16:09
12	05:14 21:52	06:01 21:04	06:54 19:53		07:47 18:41		07:45 16:37		08:33 16:09
13	05:15 21:51	06:03 21:01	06:56 19:50		07:49 18:38		07:47 16:36		08:34 16:09
14	05:16 21:50	06:04 20:59	06:58 19:48		07:51 18:36		07:49 16:34		08:35 16:09
15	05:17 21:49	06:06 20:57	07:00 19:46		07:53 18:34		07:51 16:33		08:36 16:09
16	05:19 21:48	06:08 20:55	07:01 19:43		07:54 18:31		07:53 16:31		08:37 16:09
17	05:20 21:47	06:09 20:53	07:03 19:41		07:56 18:29		07:55 16:30		08:37 16:09
18	05:21 21:45	06:11 20:51	07:05 19:38		07:58 18:27		07:56 16:28		08:38 16:09
19	05:23 21:44	06:13 20:49	07:06 19:36		08:00 18:25		07:58 16:27		08:39 16:10
20	05:24 21:43	06:15 20:47	07:08 19:33		08:02 18:22		08:00 16:26		08:40 16:10
21	05:25 21:41	06:16 20:44	07:10 19:31		08:04 18:20		08:02 16:24		08:40 16:10
22	05:27 21:40	06:18 20:42	07:12 19:28		08:06 18:18		08:03 16:23		08:41 16:11
23	05:28 21:39	06:20 20:40	07:13 19:26		08:07 18:16	5	09:16 (WEA 01) 09:21 (WEA 01)	08:05 16:22	08:41 16:11
24	05:30 21:37	06:22 20:38	07:15 19:24		08:09 18:14	11	09:13 (WEA 01) 09:24 (WEA 01)	08:07 16:21	08:42 16:12
25	05:31 21:36	06:23 20:35	07:17 19:21		07:11 17:12	15	08:11 (WEA 01) 08:26 (WEA 01)	08:09 16:20	08:42 16:13
26	05:33 21:34	06:25 20:33	07:19 19:19		07:13 17:09	17	08:10 (WEA 01) 08:27 (WEA 01)	08:10 16:19	08:42 16:13
27	05:34 21:33	06:27 20:31	07:20 19:16		07:15 17:07	19	08:09 (WEA 01) 08:28 (WEA 01)	08:12 16:18	08:43 16:14
28	05:36 21:31	06:28 20:28	07:22 19:14		07:17 17:05	20	08:08 (WEA 01) 08:28 (WEA 01)	08:14 16:17	08:43 16:15
29	05:38 21:30	06:30 20:26	07:24 19:11	6	07:19 08:18 (WEA 02)	20	08:08 (WEA 01) 08:28 (WEA 01)	08:15 16:16	08:43 16:16
30	05:39 21:28	06:32 20:24	07:26 19:09	12	08:09 (WEA 02) 08:21 (WEA 02)	21	08:08 (WEA 01) 08:29 (WEA 01)	08:17 16:15	08:43 16:17
31	05:41 21:26	06:34 20:21			07:23 16:59	20	08:08 (WEA 01) 08:28 (WEA 01)		08:43 16:18
	Sonnenscheinstunden	509	458	382	329	261	109	236	
	astr.max.mögl.Beschattung			18	260				

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

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

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES) **Schattenrezeptor:** C - Lehmdr Str. 4, Jaderkreuzmoor
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
1	08:43 16:19	09:37 (WEA 01) 08:14 17:09	07:17 18:04	07:03 05:55	05:07 (WEA 02) 07:03 20:01	05:05 21:44
2	08:43 16:20	09:38 (WEA 01) 08:12 17:11	07:15 18:06	07:01 20:03	08:07 (WEA 02) 07:01 05:53	05:06 21:45
3	08:43 16:21	09:38 (WEA 01) 08:10 17:13	07:13 18:08	06:59 20:05	08:10 (WEA 02) 06:59 05:51	05:05 21:46
4	08:42 16:23	09:38 (WEA 01) 08:09 17:15	07:10 18:10	06:56 20:07	08:20 (WEA 02) 06:56 05:49	05:05 21:48
5	08:42 16:24	09:39 (WEA 01) 08:07 17:17	07:08 18:12	06:54 20:08	06:54 05:48	05:04 21:49
6	08:42 16:25	09:38 (WEA 01) 08:05 17:19	07:06 18:13	06:51 20:10	06:51 05:46	05:03 21:50
7	08:41 16:26	09:38 (WEA 01) 08:03 17:21	07:03 18:15	06:49 20:12	06:49 05:44	05:03 21:51
8	08:41 16:28	09:39 (WEA 01) 08:01 17:23	07:01 18:17	06:47 20:14	06:47 05:42	05:02 21:52
9	08:40 16:29	09:39 (WEA 01) 07:59 17:25	06:59 18:19	06:44 20:16	06:44 05:40	05:01 21:52
10	08:40 16:31	09:39 (WEA 01) 07:58 17:27	06:56 18:21	06:42 20:17	06:42 05:38	05:01 21:53
11	08:39 16:32	09:39 (WEA 01) 07:56 17:29	06:54 18:23	06:40 20:19	06:40 05:36	05:00 21:54
12	08:38 16:34	09:39 (WEA 01) 07:54 17:31	06:52 18:25	06:37 20:21	06:37 05:35	05:00 21:55
13	08:37 16:35	09:39 (WEA 01) 07:52 17:33	06:49 18:27	06:35 20:23	06:35 05:33	05:00 21:55
14	08:37 16:37	09:40 (WEA 01) 07:50 17:35	06:47 18:28	06:33 20:25	06:33 05:31	05:00 21:56
15	08:36 16:38	09:40 (WEA 01) 07:48 17:37	06:44 18:30	06:30 20:27	06:30 05:30	04:59 21:57
16	08:35 16:40	09:40 (WEA 01) 07:46 17:39	06:42 18:32	06:28 20:28	06:28 05:28	04:59 21:57
17	08:34 16:42	09:41 (WEA 01) 07:44 17:41	06:40 18:34	06:26 20:30	06:26 05:26	04:59 21:58
18	08:33 16:43	09:42 (WEA 01) 07:41 17:43	06:37 18:36	06:24 20:32	06:24 05:25	04:59 21:58
19	08:32 16:45	09:42 (WEA 01) 07:39 17:45	06:35 18:38	06:21 20:34	06:21 05:23	04:59 21:59
20	08:31 16:47	09:42 (WEA 01) 07:37 17:47	06:32 18:39	06:19 20:36	06:19 05:22	04:59 21:59
21	08:29 16:49	09:43 (WEA 01) 07:35 17:49	06:30 18:41	06:17 20:37	06:17 05:20	04:59 21:59
22	08:28 16:51	09:44 (WEA 01) 07:33 17:51	06:28 18:43	06:15 20:39	06:15 05:19	04:59 21:59
23	08:27 16:52	09:45 (WEA 01) 07:31 17:52	06:25 18:45	06:12 20:41	06:12 05:18	05:00 21:59
24	08:26 16:54	09:45 (WEA 01) 07:28 17:54	06:23 18:47	06:10 20:43	06:10 05:16	05:00 22:00
25	08:24 16:56	09:47 (WEA 01) 07:26 17:56	06:20 18:48	06:08 20:45	06:08 05:15	05:00 22:00
26	08:23 16:58	09:48 (WEA 01) 07:24 17:58	06:18 18:50	06:06 20:46	06:06 05:14	05:01 22:00
27	08:21 17:00	09:51 (WEA 01) 07:22 18:00	06:16 18:52	06:04 20:48	06:04 05:12	05:01 22:00
28	08:20 17:02	09:53 (WEA 01) 07:20 18:02	06:13 18:54	06:02 20:50	06:02 05:11	05:02 21:59
29	08:18 17:04		07:11 19:56	06:00 20:52	06:00 05:10	05:02 21:59
30	08:17 17:06		07:08 19:58	05:58 20:54	05:58 05:09	05:03 21:59
31	08:15 17:07		07:06 19:59		05:08 21:43	
Sonnenscheinstunden	252	274	367	419	491	507
astr.max.mögl.Beschattung	614	171	41			

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

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

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES) **Schattenrezeptor:** C - Lehmdor Str. 4, Jaderkreuzmoor
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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

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

	Jul	August	September	Oktober		November		Dezember
1	05:03 21:59	05:42 21:24	06:35 20:19	07:27 19:07		07:24 16:57		08:18 16:14
2	05:04 21:58	05:44 21:23	06:37 20:17	07:29 19:04		07:26 16:55	25	08:20 16:13
3	05:05 21:58	05:46 21:21	06:39 20:14	07:31 19:02		07:28 16:53	24	08:21 16:13
4	05:06 21:57	05:47 21:19	06:41 20:12	07:33 18:59		07:30 16:51	24	08:23 16:12
5	05:07 21:57	05:49 21:17	06:42 20:10	07:35 18:57		07:32 16:50	23	08:24 16:11
6	05:08 21:56	05:51 21:15	06:44 20:07	07:36 18:55		07:34 16:48	23	08:25 16:11
7	05:08 21:56	05:52 21:13	06:46 20:05	07:38 18:52		07:36 16:46	22	08:27 16:10
8	05:09 21:55	05:54 21:11	06:47 20:02	07:40 18:50		07:38 16:44	21	08:28 16:10
9	05:10 21:54	05:56 21:10	06:49 20:00	07:42 18:48		07:40 16:42	21	08:29 16:10
10	05:12 21:53	05:57 21:08	06:51 19:58	07:44 18:45	6	08:46 (WEA 02) 08:52 (WEA 02)	20	08:30 16:09
11	05:13 21:53	05:59 21:06	06:53 19:55	07:45 18:43	12	08:43 (WEA 02) 08:55 (WEA 02)	19	08:32 16:09
12	05:14 21:52	06:01 21:04	06:54 19:53	07:47 18:41	15	08:41 (WEA 02) 08:56 (WEA 02)	19	08:33 16:09
13	05:15 21:51	06:03 21:01	06:56 19:50	07:49 18:38	17	08:40 (WEA 02) 08:57 (WEA 02)	18	08:34 16:09
14	05:16 21:50	06:04 20:59	06:58 19:48	07:51 18:36	19	08:39 (WEA 02) 08:58 (WEA 02)	7	08:35 16:09
15	05:17 21:49	06:06 20:57	07:00 19:46	07:53 18:34	20	08:37 (WEA 02) 08:57 (WEA 02)	13	08:36 16:09
16	05:19 21:48	06:08 20:55	07:01 19:43	07:54 18:31	20	08:37 (WEA 02) 08:57 (WEA 02)	16	08:37 16:09
17	05:20 21:46	06:09 20:53	07:03 19:41	07:56 18:29	20	08:37 (WEA 02) 08:57 (WEA 02)	18	08:37 16:09
18	05:21 21:45	06:11 20:51	07:05 19:38	07:58 18:27	20	08:37 (WEA 02) 08:57 (WEA 02)	20	08:38 16:09
19	05:23 21:44	06:13 20:49	07:06 19:36	08:00 18:25	19	08:37 (WEA 02) 08:56 (WEA 02)	21	08:39 16:10
20	05:24 21:43	06:15 20:47	07:08 19:33	08:02 18:22	17	08:38 (WEA 02) 08:55 (WEA 02)	22	08:40 16:10
21	05:25 21:41	06:16 20:44	07:10 19:31	08:04 18:20	15	08:39 (WEA 02) 08:54 (WEA 02)	24	08:40 16:10
22	05:27 21:40	06:18 20:42	07:12 19:28	08:06 18:18	12	08:40 (WEA 02) 08:52 (WEA 02)	25	08:41 16:11
23	05:28 21:39	06:20 20:40	07:13 19:26	08:07 18:16	6	08:43 (WEA 02) 08:49 (WEA 02)	24	08:41 16:11
24	05:30 21:37	06:22 20:38	07:15 19:24	08:09 18:14		08:07 16:21	25	08:42 16:12
25	05:31 21:36	06:23 20:35	07:17 19:21	07:11 17:12		08:09 16:20	26	08:42 16:13
26	05:33 21:34	06:25 20:33	07:19 19:19	07:13 17:09		08:10 16:19	25	08:42 16:13
27	05:34 21:33	06:27 20:31	07:20 19:16	07:15 17:07		08:12 16:18	26	08:43 16:14
28	05:36 21:31	06:28 20:28	07:22 19:14	07:17 17:05		08:14 16:17	25	08:43 16:15
29	05:38 21:29	06:30 20:26	07:24 19:11	07:19 17:03		08:15 16:16	26	08:43 16:16
30	05:39 21:28	06:32 20:24	07:26 19:09	07:21 17:01		08:17 16:15	25	08:43 16:17
31	05:41 21:26	06:34 20:21		07:23 16:59				08:43 16:18
Sonnenscheinstunden	509	458	382	329		261		236
astr.max.mögl.Beschattung				218		368		578

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

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

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES) **Schattenrezeptor:** D - Lehmdr Str. 3, Jaderkreuzmoor
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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

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

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni		
1	08:43	11:35 (WEA 01)	08:14	07:17	07:03	05:55	05:07	
	16:19	22 11:57 (WEA 01)	17:09	18:04	20:01	20:55	21:44	
2	08:43	11:37 (WEA 01)	08:12	07:15	07:01	05:53	05:06	
	16:20	20 11:57 (WEA 01)	17:11	18:06	20:03	20:57	21:45	
3	08:43	11:37 (WEA 01)	08:10	07:13	06:59	05:51	05:05	
	16:21	20 11:57 (WEA 01)	17:13	18:08	20:05	20:59	21:46	
4	08:42	11:39 (WEA 01)	08:08	07:10	06:56	05:49	05:05	
	16:23	18 11:57 (WEA 01)	17:15	18:10	20:07	21:01	21:48	
5	08:42	11:40 (WEA 01)	08:07	09:01 (WEA 02)	07:08	06:54	05:48	05:04
	16:24	17 11:57 (WEA 01)	17:17	11 09:12 (WEA 02)	18:12	20:08	21:02	21:49
6	08:42	11:41 (WEA 01)	08:05	08:58 (WEA 02)	07:06	06:51	05:46	05:03
	16:25	15 11:56 (WEA 01)	17:19	16 09:14 (WEA 02)	18:13	20:10	21:04	21:50
7	08:41	11:43 (WEA 01)	08:03	08:57 (WEA 02)	07:03	06:49	05:44	05:03
	16:26	11 11:54 (WEA 01)	17:21	19 09:16 (WEA 02)	18:15	20:12	21:06	21:51
8	08:41	11:46 (WEA 01)	08:01	08:55 (WEA 02)	07:01	06:47	05:42	05:02
	16:28	8 11:54 (WEA 01)	17:23	23 09:18 (WEA 02)	18:17	20:14	21:08	21:52
9	08:40		07:59	08:54 (WEA 02)	06:59	06:44	05:40	05:01
	16:29		17:25	25 09:19 (WEA 02)	18:19	20:16	21:09	21:52
10	08:40		07:58	08:53 (WEA 02)	06:56	06:42	05:38	05:01
	16:31		17:27	27 09:20 (WEA 02)	18:21	20:17	21:11	21:53
11	08:39		07:56	08:53 (WEA 02)	06:54	06:40	05:36	05:00
	16:32		17:29	28 09:21 (WEA 02)	18:23	20:19	21:13	21:54
12	08:38		07:54	08:51 (WEA 02)	06:52	06:37	05:35	05:00
	16:34		17:31	30 09:21 (WEA 02)	18:25	20:21	21:14	21:55
13	08:37		07:52	08:51 (WEA 02)	06:49	06:35	05:33	05:00
	16:35		17:33	30 09:21 (WEA 02)	18:26	20:23	21:16	21:55
14	08:37		07:50	08:51 (WEA 02)	06:47	06:33	05:31	04:59
	16:37		17:35	31 09:22 (WEA 02)	18:28	20:25	21:18	21:56
15	08:36		07:48	08:50 (WEA 02)	06:44	06:30	05:29	04:59
	16:38		17:37	32 09:22 (WEA 02)	18:30	20:26	21:19	21:57
16	08:35		07:46	08:51 (WEA 02)	06:42	06:28	05:28	04:59
	16:40		17:39	31 09:22 (WEA 02)	18:32	20:28	21:21	21:57
17	08:34		07:43	08:51 (WEA 02)	06:40	06:26	05:26	04:59
	16:42		17:41	31 09:22 (WEA 02)	18:34	20:30	21:23	21:58
18	08:33		07:41	08:51 (WEA 02)	06:37	06:24	05:25	04:59
	16:43		17:43	31 09:22 (WEA 02)	18:36	20:32	21:24	21:58
19	08:32		07:39	08:51 (WEA 02)	06:35	06:21	05:23	04:59
	16:45		17:45	30 09:21 (WEA 02)	18:38	20:34	21:26	21:59
20	08:30		07:37	08:51 (WEA 02)	06:32	06:19	05:22	04:59
	16:47		17:47	30 09:21 (WEA 02)	18:39	20:36	21:27	21:59
21	08:29		07:35	08:52 (WEA 02)	06:30	06:17	05:20	04:59
	16:49		17:49	28 09:20 (WEA 02)	18:41	20:37	21:29	21:59
22	08:28		07:33	08:53 (WEA 02)	06:28	06:15	05:19	04:59
	16:51		17:50	26 09:19 (WEA 02)	18:43	20:39	21:30	21:59
23	08:27		07:31	08:53 (WEA 02)	06:25	06:12	05:17	05:00
	16:52		17:52	24 09:17 (WEA 02)	18:45	20:41	21:32	21:59
24	08:26		07:28	08:55 (WEA 02)	06:23	06:10	05:16	05:00
	16:54		17:54	21 09:16 (WEA 02)	18:47	20:43	21:33	22:00
25	08:24		07:26	08:57 (WEA 02)	06:20	06:08	05:15	05:00
	16:56		17:56	17 09:14 (WEA 02)	18:48	20:45	21:35	22:00
26	08:23		07:24	08:59 (WEA 02)	06:18	06:06	05:14	05:01
	16:58		17:58	11 09:10 (WEA 02)	18:50	20:46	21:36	22:00
27	08:21		07:22		06:15	06:04	05:12	05:01
	17:00		18:00		18:52	20:48	21:38	22:00
28	08:20		07:20		06:13	06:02	05:11	05:02
	17:02		18:02		18:54	20:50	21:39	21:59
29	08:18				07:11	06:00	05:10	05:02
	17:04				19:56	20:52	21:40	21:59
30	08:17				07:08	05:58	05:09	05:03
	17:05				19:58	20:53	21:42	21:59
31	08:15				07:06		05:08	
	17:07				19:59		21:43	
Sonnenscheinstunden	252		274		367	419	491	507
astr.max.mögl.Beschattung	131		552					

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

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

Projekt:

Delfshausen

Lizenzierter Anwender:

Ingenieurbüro PLANKon

Blumenstrasse 26

DE-26121 Oldenburg

0441 390 34 - 0

Roman Wagner vom Berg / mail@plankon.de

Berechnet:

02.02.2018 19:11/3.1.617

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES) **Schattenrezeptor:** D - Lehmdor Str. 3, Jaderkreuzmoor
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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

Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang

Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinstrahlung

Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

	Jul	August	September	Oktober		November		Dezember	
1	05:03 21:59	05:42 21:24	06:35 20:19	07:27 19:07		07:24 16:57		08:22 (WEA 02) 08:49 (WEA 02)	08:18 16:14
2	05:04 21:58	05:44 21:23	06:37 20:17	07:29 19:04		07:26 16:55	27	08:23 (WEA 02) 08:48 (WEA 02)	08:20 16:13
3	05:05 21:58	05:46 21:21	06:39 20:14	07:31 19:02		07:28 16:53	25	08:25 (WEA 02) 08:47 (WEA 02)	08:21 16:13
4	05:06 21:57	05:47 21:19	06:41 20:12	07:33 18:59		07:30 16:51	22	08:27 (WEA 02) 08:46 (WEA 02)	08:23 16:12
5	05:07 21:57	05:49 21:17	06:42 20:10	07:35 18:57		07:32 16:50	19	08:28 (WEA 02) 08:44 (WEA 02)	08:24 16:11
6	05:08 21:56	05:51 21:15	06:44 20:07	07:36 18:55		07:34 16:48	16	08:31 (WEA 02) 08:41 (WEA 02)	08:25 16:11
7	05:08 21:56	05:52 21:13	06:46 20:05	07:38 18:52		07:36 16:46	10	08:41 (WEA 02)	16:11 16:10
8	05:09 21:55	05:54 21:11	06:47 20:02	07:40 18:50		07:38 16:44		08:28 16:10	16 18
9	05:10 21:54	05:56 21:09	06:49 20:00	07:42 18:48		07:40 16:42		08:29 16:10	16 20
10	05:12 21:53	05:57 21:08	06:51 19:58	07:43 18:45		07:42 16:41		08:30 16:09	20 20
11	05:13 21:53	05:59 21:06	06:53 19:55	07:45 18:43		07:43 16:39		08:32 16:09	20 22
12	05:14 21:52	06:01 21:03	06:54 19:53	07:47 18:41		07:45 16:37		08:33 16:09	22 23
13	05:15 21:51	06:03 21:01	06:56 19:50	07:49 18:38		07:47 16:36		08:34 16:09	23 24
14	05:16 21:50	06:04 20:59	06:58 19:48	07:51 18:36		07:49 16:34		08:35 16:09	24 23
15	05:17 21:49	06:06 20:57	07:00 19:45	07:53 18:34		07:51 16:33		08:36 16:09	23 24
16	05:19 21:48	06:08 20:55	07:01 19:43	07:54 18:31	4	09:35 (WEA 02) 09:39 (WEA 02)		07:53 16:31	24 25
17	05:20 21:46	06:09 20:53	07:03 19:41	07:56 18:29	14	09:44 (WEA 02) 09:27 (WEA 02)		16:31 07:55	25 25
18	05:21 21:45	06:11 20:51	07:05 19:38	07:58 18:27	19	09:30 (WEA 02) 09:25 (WEA 02)		07:53 07:56	24 26
19	05:23 21:44	06:13 20:49	07:06 19:36	08:00 18:25	23	09:48 (WEA 02) 09:24 (WEA 02)		16:28 07:58	26 26
20	05:24 21:43	06:15 20:46	07:08 19:33	08:02 18:22	25	09:49 (WEA 02) 09:23 (WEA 02)		16:27 08:00	26 26
21	05:25 21:41	06:16 20:44	07:10 19:31	08:04 18:20	27	09:50 (WEA 02) 09:22 (WEA 02)		16:26 08:02	26 26
22	05:27 21:40	06:18 20:42	07:12 19:28	08:06 18:18	29	09:51 (WEA 02) 09:21 (WEA 02)		16:24 08:03	26 26
23	05:28 21:39	06:20 20:40	07:13 19:26	08:07 18:16	30	09:51 (WEA 02) 09:21 (WEA 02)		16:23 08:05	26 25
24	05:30 21:37	06:21 20:38	07:15 19:24	08:09 18:14	31	09:52 (WEA 02) 09:20 (WEA 02)		16:22 08:07	25 26
25	05:31 21:36	06:23 20:35	07:17 19:21	07:11 17:12	32	09:52 (WEA 02) 08:20 (WEA 02)		16:21 08:09	26 26
26	05:33 21:34	06:25 20:33	07:19 19:19	07:13 17:09	32	08:52 (WEA 02) 08:20 (WEA 02)		08:10 16:19	26 26
27	05:34 21:33	06:27 20:31	07:20 19:16	07:15 17:07	32	08:20 (WEA 02) 08:52 (WEA 02)		08:12 16:18	26 25
28	05:36 21:31	06:28 20:28	07:22 19:14	07:17 17:05	30	08:20 (WEA 02) 08:51 (WEA 02)		08:14 16:17	25 25
29	05:38 21:29	06:30 20:26	07:24 19:11	07:19 17:03	31	08:20 (WEA 02) 08:51 (WEA 02)		08:15 16:16	25 24
30	05:39 21:28	06:32 20:24	07:26 19:09	07:21 17:01	31	08:21 (WEA 02) 08:50 (WEA 02)		08:17 16:15	24 24
31	05:41 21:26	06:34 20:21	07:27 16:59	07:23 16:59	29	08:21 (WEA 02) 08:50 (WEA 02)		08:17 16:18	24 23
Sonnenscheinstunden	509	458	382	329		261		236	626
astr.max.mögl.Beschattung				450		119			

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

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

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES) **Schattenrezeptor:** E - Lehmdor Str. 1, Jaderkreuzmoor
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	
1	08:43 16:19	09:45 (WEA 02) 17:09	08:14 18:04	07:17 20:01	07:03 20:55	05:07 21:44	05:03 21:59	05:42 21:24	06:35 20:19	07:27 19:07	07:24 16:57	08:18 16:14	
2	08:43 16:20	09:45 (WEA 02) 17:11	08:12 18:06	07:15 20:03	07:01 20:57	05:06 21:45	05:04 21:58	05:44 21:23	06:37 20:17	07:29 19:04	07:26 16:55	08:20 16:13	
3	08:43 16:21	09:46 (WEA 02) 17:13	08:10 18:08	07:13 20:05	07:03 20:59	05:05 21:46	05:05 21:58	05:46 21:21	06:39 20:14	07:31 19:02	07:28 16:53	08:21 16:13	
4	08:42 16:23	09:45 (WEA 02) 17:15	08:08 18:10	07:10 20:07	06:56 21:01	05:05 21:48	05:06 21:57	05:47 21:19	06:41 20:12	07:33 18:59	07:30 16:51	08:23 16:12	
5	08:42 16:24	09:46 (WEA 02) 17:17	08:07 18:12	07:08 20:08	06:54 21:02	05:04 21:49	05:07 21:57	05:49 21:17	06:42 20:10	07:35 18:57	07:32 16:50	08:24 16:11	
6	08:42 16:25	09:46 (WEA 02) 17:19	08:05 18:13	07:06 20:10	06:51 21:04	05:03 21:50	05:07 21:56	05:51 21:15	06:44 20:07	07:36 18:55	07:34 16:48	08:25 16:11	
7	08:41 16:26	09:45 (WEA 02) 17:21	08:03 18:15	07:03 20:12	06:49 21:06	05:02 21:51	05:08 21:56	05:52 21:13	06:46 20:05	07:38 18:52	07:36 16:46	08:27 16:10	
8	08:41 16:28	09:46 (WEA 02) 17:23	08:01 18:17	07:01 20:14	06:47 21:08	05:02 21:52	05:09 21:55	05:44 21:11	06:47 20:02	07:40 18:50	07:38 16:44	08:28 16:10	
9	08:40 16:29	09:46 (WEA 02) 17:25	08:01 18:19	07:01 20:16	06:44 21:09	05:01 21:52	05:10 21:54	05:56 21:09	06:49 20:00	07:42 18:48	07:40 16:42	08:29 16:10	
10	08:40 16:31	09:46 (WEA 02) 17:27	08:01 18:21	07:01 20:17	06:42 21:11	05:01 21:53	05:11 21:53	05:57 21:08	06:51 19:58	07:43 18:45	07:42 16:41	08:30 16:09	
11	08:39 16:32	09:46 (WEA 02) 17:29	08:03 18:23	07:03 20:19	06:40 21:13	05:00 21:54	05:13 21:53	05:59 21:06	06:53 19:55	07:45 18:43	07:43 16:39	3 09:38 (WEA 02) 16:09	
12	08:38 16:34	09:46 (WEA 02) 17:31	08:03 18:25	07:03 20:21	06:39 21:14	05:00 21:55	05:14 21:52	06:01 21:03	06:54 19:53	07:47 18:40	07:45 16:37	11 09:42 (WEA 02) 16:09	
13	08:37 16:35	09:46 (WEA 02) 17:33	08:04 18:26	07:04 20:23	06:38 21:16	05:00 21:55	05:15 21:51	06:02 21:01	06:56 19:50	07:49 18:38	07:47 16:36	17 09:45 (WEA 02) 16:09	
14	08:37 16:37	09:46 (WEA 02) 17:35	08:04 18:28	07:04 20:25	06:38 21:18	05:00 21:56	05:15 21:50	06:02 20:59	06:56 19:48	07:49 18:36	07:47 16:34	19 09:46 (WEA 02) 16:09	
15	08:36 16:38	09:46 (WEA 02) 17:37	08:04 18:30	07:04 20:26	06:38 21:19	05:00 21:57	05:15 21:49	06:06 20:57	06:56 19:45	07:51 18:34	07:51 16:33	22 09:48 (WEA 02) 16:09	
16	08:35 16:40	09:47 (WEA 02) 17:39	08:04 18:32	07:04 20:28	06:42 21:21	05:00 21:57	05:15 21:48	06:08 20:55	06:56 19:43	07:52 18:31	07:53 16:31	24 09:49 (WEA 02) 16:09	
17	08:34 16:42	09:47 (WEA 02) 17:41	08:04 18:34	07:04 20:30	06:42 21:23	05:00 21:58	05:15 21:46	06:09 20:53	06:56 19:41	07:53 18:29	07:55 16:30	25 09:50 (WEA 02) 16:09	
18	08:33 16:43	09:48 (WEA 02) 17:43	08:04 18:36	07:04 20:32	06:42 21:24	05:00 21:58	05:15 21:45	06:09 20:51	06:56 19:38	07:54 18:27	07:56 16:28	27 09:51 (WEA 02) 16:09	
19	08:32 16:45	09:48 (WEA 02) 17:45	08:04 18:38	07:04 20:34	06:42 21:26	05:00 21:59	05:15 21:44	06:09 20:49	06:56 19:36	07:55 18:25	07:58 16:27	28 09:52 (WEA 02) 16:10	
20	08:31 16:47	09:48 (WEA 02) 17:47	08:04 18:39	07:04 20:36	06:42 21:27	05:00 21:59	05:15 21:43	06:09 20:46	06:56 19:33	07:56 18:22	07:58 16:26	29 09:53 (WEA 02) 16:10	
21	08:29 16:49	09:49 (WEA 02) 17:49	08:04 18:41	07:04 20:37	06:42 21:29	05:00 21:59	05:15 21:41	06:09 20:44	06:56 19:31	07:57 18:20	07:59 16:24	30 09:54 (WEA 02) 16:11	
22	08:28 16:51	09:49 (WEA 02) 17:50	08:04 18:43	07:04 20:39	06:42 21:30	05:00 21:59	05:15 21:40	06:09 20:42	06:56 19:28	07:58 18:18	08:00 16:23	31 09:54 (WEA 02) 16:11	
23	08:27 16:52	09:50 (WEA 02) 17:51	08:04 18:45	07:04 20:41	06:42 21:32	05:00 21:59	05:15 21:39	06:09 20:40	06:56 19:26	07:59 18:16	08:01 16:22	3 10:00 (WEA 02) 16:11	
24	08:26 16:54	09:50 (WEA 02) 17:52	08:04 18:47	07:04 20:43	06:42 21:33	05:00 22:00	05:15 21:37	06:09 20:38	06:56 19:24	08:01 18:14	08:02 16:21	5 10:00 (WEA 02) 16:12	
25	08:24 16:56	09:51 (WEA 02) 17:54	08:04 18:49	07:04 20:45	06:42 21:35	05:00 22:00	05:15 21:36	06:09 20:35	06:56 19:21	08:02 18:12	08:03 16:20	7 10:00 (WEA 02) 16:13	
26	08:23 16:58	09:52 (WEA 02) 17:56	08:04 18:50	07:04 20:46	06:42 21:36	05:00 22:00	05:15 21:34	06:09 20:33	06:56 19:19	08:03 18:10	08:04 16:19	9 10:00 (WEA 02) 16:14	
27	08:21 17:00	09:53 (WEA 02) 17:58	08:04 18:52	07:04 20:48	06:42 21:38	05:00 22:00	05:15 21:33	06:09 20:31	06:56 19:16	08:04 18:07	08:05 16:18	11 10:00 (WEA 02) 16:15	
28	08:20 17:02	09:54 (WEA 02) 18:00	08:04 18:54	07:04 20:50	06:42 21:40	05:00 22:00	05:15 21:31	06:09 20:28	06:56 19:14	08:05 18:05	08:06 16:17	13 10:00 (WEA 02) 16:15	
29	08:18 17:04	09:55 (WEA 02) 18:02	08:04 18:56	07:04 20:52	06:42 21:42	05:00 22:00	05:15 21:29	06:09 20:26	06:56 19:11	08:06 18:03	08:07 16:16	15 10:00 (WEA 02) 16:16	
30	08:17 17:05	09:56 (WEA 02) 18:04	08:04 18:58	07:04 20:54	06:42 21:44	05:00 22:00	05:15 21:28	06:09 20:24	06:56 19:09	08:07 18:01	08:08 16:15	17 10:00 (WEA 02) 16:17	
31	08:15 17:07	10:00 (WEA 02) 18:06	08:04 19:00	07:04 20:56	06:42 21:46	05:00 22:00	05:15 21:26	06:09 20:22	06:56 19:07	08:08 18:00	08:09 16:15	19 10:00 (WEA 02) 16:18	
	Sonnenscheinstunden astr.max.mögl.Beschattung	252 785	274 774	367 767	419 758	491 749	507 740	509 731	458 722	382 713	329 704	261 695	524 686

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

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



SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES) **Schattenrezeptor:** F - Kreuzmoorstr. 42, Jaderkreuzmoor
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
1	08:43 16:19	13:59 (WEA 02) 15:28 (WEA 01)	08:14 17:09	07:17 18:04	07:03 20:01	05:55 20:55	05:07 21:44	05:03 21:59	05:42 21:24	06:35 20:19	07:27 19:07	08:18 16:57
2	08:43 16:20	14:00 (WEA 02) 15:29 (WEA 01)	08:12 17:11	07:15 18:06	07:01 20:03	05:53 20:57	05:06 21:45	05:04 21:58	05:44 21:23	06:37 20:17	07:29 19:04	08:20 16:55
3	08:42 16:21	14:00 (WEA 02) 15:29 (WEA 01)	08:10 17:13	07:13 18:08	06:59 20:05	05:51 20:59	05:05 21:46	05:05 21:58	05:46 21:21	06:39 20:14	07:31 19:02	08:21 16:53
4	08:42 16:22	14:01 (WEA 02) 15:30 (WEA 01)	08:08 17:15	07:10 18:10	06:56 20:07	05:49 21:01	05:05 21:47	05:06 21:57	05:47 21:19	06:40 20:12	07:33 18:59	08:23 16:51
5	08:42 16:24	14:02 (WEA 02) 15:31 (WEA 01)	08:07 17:17	07:08 18:11	06:54 20:08	05:47 21:02	05:04 21:49	05:07 21:57	05:49 21:17	06:42 20:10	07:34 18:57	08:24 16:50
6	08:42 16:25	14:02 (WEA 02) 15:31 (WEA 01)	08:05 17:19	07:06 18:13	06:51 20:10	05:46 21:04	05:03 21:50	05:07 21:56	05:51 21:15	06:44 20:07	07:36 18:55	08:25 16:48
7	08:41 16:26	14:02 (WEA 02) 15:31 (WEA 01)	08:03 17:21	07:03 18:15	06:49 20:12	05:44 21:06	05:02 21:51	05:08 21:56	05:52 21:13	06:46 20:05	07:38 18:52	08:27 16:46
8	08:41 16:28	14:03 (WEA 02) 15:33 (WEA 01)	08:01 17:23	07:01 18:17	06:47 20:14	05:42 21:08	05:02 21:51	05:09 21:55	05:54 21:11	06:47 20:02	07:40 18:50	08:28 16:44
9	08:40 16:29	14:04 (WEA 02) 15:33 (WEA 01)	07:59 17:25	06:59 18:19	06:44 20:16	05:40 21:09	05:01 21:52	05:10 21:54	05:56 21:09	06:49 20:00	07:42 18:47	08:29 16:42
10	08:39 16:31	14:04 (WEA 02) 15:33 (WEA 01)	07:57 17:27	06:56 18:21	06:42 20:17	05:38 21:11	05:01 21:53	05:11 21:53	05:57 21:07	06:51 19:58	07:43 18:45	08:30 16:41
11	08:39 16:32	14:05 (WEA 02) 15:33 (WEA 01)	07:56 17:29	06:54 18:23	06:40 20:19	05:36 21:13	05:00 21:54	05:13 21:53	05:59 21:05	06:53 19:55	07:45 18:43	08:32 16:39
12	08:38 16:34	14:06 (WEA 02) 15:33 (WEA 01)	07:54 17:31	06:52 18:25	06:37 20:21	05:35 21:14	05:00 21:55	05:14 21:52	06:01 21:03	06:54 19:53	07:47 18:40	08:33 16:37
13	08:37 16:35	14:06 (WEA 02) 15:33 (WEA 01)	07:52 17:33	06:49 18:26	06:35 20:23	05:33 21:16	05:00 21:55	05:15 21:51	06:02 21:01	06:56 19:50	07:49 18:38	08:34 16:36
14	08:37 16:37	14:07 (WEA 02) 15:33 (WEA 01)	07:50 17:35	06:47 18:28	06:33 20:25	05:31 21:18	04:59 21:56	05:16 21:50	06:04 20:59	06:58 19:48	07:51 18:36	08:35 16:34
15	08:36 16:38	14:08 (WEA 02) 15:33 (WEA 01)	07:48 17:37	06:44 18:30	06:30 20:26	05:29 21:19	04:59 21:57	05:17 21:49	06:06 20:57	06:59 19:45	07:53 18:34	08:36 16:33
16	08:35 16:40	14:10 (WEA 02) 15:34 (WEA 01)	07:46 17:39	06:42 18:32	06:28 20:28	05:28 21:21	04:59 21:57	05:19 21:48	06:08 20:55	07:01 19:43	07:54 18:31	08:36 16:31
17	08:34 16:42	14:11 (WEA 02) 15:33 (WEA 01)	07:43 17:41	06:40 18:34	06:26 20:30	05:26 21:23	04:59 21:58	05:20 21:46	06:09 20:53	07:03 19:41	07:56 18:29	08:37 16:30
18	08:33 16:43	14:13 (WEA 02) 15:33 (WEA 01)	07:41 17:43	06:37 18:36	06:23 20:32	05:25 21:24	04:59 21:58	05:21 21:45	06:11 20:51	07:05 19:38	07:58 18:27	08:38 16:28
19	08:32 16:45	14:14 (WEA 02) 15:32 (WEA 01)	07:39 17:45	06:35 18:37	06:21 20:34	05:23 21:26	04:59 21:58	05:23 21:44	06:13 20:49	07:06 19:36	07:58 18:25	08:39 16:27
20	08:30 16:47	14:16 (WEA 02) 15:31 (WEA 01)	07:37 17:47	06:32 18:39	06:19 20:35	05:22 21:27	04:59 21:59	05:24 21:43	06:15 20:46	07:08 19:33	07:54 18:22	08:40 16:26
21	08:29 16:49	14:19 (WEA 02) 15:28 (WEA 01)	07:35 17:49	06:30 18:41	06:17 20:37	05:20 21:29	04:59 21:59	05:25 21:41	06:16 20:44	07:10 19:31	08:04 18:20	08:40 16:24
22	08:28 16:50	14:21 (WEA 02) 15:28 (WEA 01)	07:33 17:50	06:28 18:43	06:15 20:39	05:19 21:30	04:59 21:59	05:27 21:40	06:18 20:42	07:12 19:28	08:05 18:18	08:41 16:23
23	08:27 16:52	14:23 (WEA 02) 15:27 (WEA 01)	07:31 17:52	06:25 18:45	06:12 20:41	05:17 21:32	05:00 21:59	05:28 21:39	06:20 20:40	07:13 19:26	08:07 18:16	08:42 16:22
24	08:25 16:54	14:25 (WEA 02) 15:26 (WEA 01)	07:29 17:54	06:23 18:47	06:10 20:43	05:16 21:33	05:00 22:00	05:30 21:37	06:21 20:38	07:15 19:23	08:09 18:14	08:43 16:21
25	08:24 16:56	14:26 (WEA 02) 15:26 (WEA 01)	07:26 17:56	06:20 18:48	06:08 20:44	05:15 21:35	05:00 22:00	05:31 21:36	06:23 20:35	07:17 19:21	08:11 18:11	08:44 16:20
26	08:23 16:58	14:27 (WEA 02) 15:25 (WEA 01)	07:24 17:58	06:18 18:50	06:06 20:46	05:14 21:36	05:01 22:00	05:33 21:34	06:25 20:33	07:19 19:19	08:10 18:08	08:45 16:19
27	08:21 17:00	14:28 (WEA 02) 15:25 (WEA 01)	07:22 18:00	06:15 18:52	06:04 20:48	05:12 21:38	05:01 21:59	05:34 21:33	06:27 20:31	07:20 19:16	08:12 18:07	08:46 16:17
28	08:20 17:02	14:29 (WEA 02) 15:24 (WEA 01)	07:21 18:02	06:13 18:54	06:02 20:50	05:11 21:39	05:02 21:59	05:36 21:31	06:28 20:28	07:22 19:14	08:14 18:05	08:47 16:17
29	08:18 17:04	14:30 (WEA 02) 15:24 (WEA 01)	07:20 18:04	06:11 18:56	06:00 20:52	05:10 21:40	05:02 21:59	05:37 21:29	06:30 20:26	07:24 19:11	08:15 18:03	08:48 16:16
30	08:17 17:05	14:31 (WEA 02) 15:24 (WEA 01)	07:19 18:05	06:09 18:57	05:59 20:53	05:09 21:42	05:03 21:59	05:39 21:28	06:32 20:24	07:26 19:09	08:17 18:01	08:49 16:15
31	08:15 17:07	14:32 (WEA 02) 15:24 (WEA 01)	07:18 18:06	06:08 18:58	05:58 20:54	05:08 21:43	05:04 21:59	05:41 21:26	06:34 20:21	07:27 19:07	08:18 18:00	08:50 16:15
Sonnenscheinstunden	252											
astr.max.mögl.Beschattung		921	274	367	419	491	507	509	458	382	329	261
											355	1579

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

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

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES) **Schattenrezeptor:** G - Kreuzmoorstr. 44, Jaderkreuzmoor
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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

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

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
1	08:43 16:19	08:14 17:09	16:06 (WEA 02) 16:35 (WEA 01)	07:17 18:04	07:03 20:01	05:55 21:44
2	08:43 16:20	08:12 17:11	16:02 (WEA 02) 16:36 (WEA 01)	07:15 18:06	07:01 20:03	05:53 20:57
3	08:42 16:21	08:10 17:13	16:00 (WEA 02) 16:37 (WEA 01)	07:13 18:08	06:59 20:05	05:51 20:59
4	08:42 16:22	08:08 17:15	15:59 (WEA 02) 16:37 (WEA 01)	07:10 18:10	06:56 20:07	05:49 21:01
5	08:42 16:24	08:07 17:17	15:58 (WEA 02) 16:38 (WEA 01)	07:08 18:11	06:54 20:08	05:47 21:02
6	08:42 16:25	08:05 17:19	15:58 (WEA 02) 16:39 (WEA 01)	07:06 18:13	06:51 20:10	05:46 21:04
7	08:41 16:26	08:03 17:21	15:57 (WEA 02) 16:39 (WEA 01)	07:03 18:15	06:49 20:12	05:44 21:06
8	08:41 16:28	08:01 17:23	15:56 (WEA 02) 16:39 (WEA 01)	07:01 18:17	06:47 20:14	05:42 21:08
9	08:40 16:29	07:59 17:25	15:56 (WEA 02) 16:39 (WEA 01)	06:59 18:19	06:44 20:16	05:40 21:09
10	08:39 16:31	07:57 17:27	15:55 (WEA 02) 16:39 (WEA 01)	06:56 18:21	06:42 20:17	05:38 21:11
11	08:39 16:32	07:56 17:29	15:54 (WEA 02) 16:37 (WEA 01)	06:54 18:23	06:40 20:19	05:36 21:13
12	08:38 16:34	07:54 17:31	15:54 (WEA 02) 16:36 (WEA 01)	06:52 18:25	06:37 20:21	05:35 21:14
13	08:37 16:35	07:52 17:33	15:54 (WEA 02) 16:34 (WEA 01)	06:49 18:26	06:35 20:23	05:33 21:16
14	08:36 16:37	07:50 17:35	15:55 (WEA 02) 16:26 (WEA 02)	06:47 18:28	06:33 20:25	05:31 21:18
15	08:36 16:38	07:48 17:37	15:55 (WEA 02) 16:26 (WEA 02)	06:44 18:30	06:30 20:26	05:29 21:19
16	08:35 16:40	07:46 17:39	15:55 (WEA 02) 16:25 (WEA 02)	06:42 18:32	06:28 20:28	05:28 21:21
17	08:34 16:42	07:43 17:41	15:56 (WEA 02) 16:25 (WEA 02)	06:40 18:34	06:26 20:30	05:26 21:23
18	08:33 16:43	07:41 17:43	15:57 (WEA 02) 16:25 (WEA 02)	06:37 18:36	06:23 20:32	05:25 21:24
19	08:32 16:45	07:39 17:45	15:57 (WEA 02) 16:23 (WEA 02)	06:35 18:37	06:21 20:34	05:23 21:26
20	08:30 16:47	07:37 17:47	15:58 (WEA 02) 16:22 (WEA 02)	06:32 18:39	06:19 20:35	05:22 21:27
21	08:29 16:49	07:35 17:48	16:00 (WEA 02) 16:21 (WEA 02)	06:30 18:41	06:17 20:37	05:20 21:29
22	08:28 16:50	07:33 17:50	16:02 (WEA 02) 16:19 (WEA 02)	06:28 18:43	06:15 20:39	05:19 21:30
23	08:27 16:52	07:31 17:52	16:05 (WEA 02) 16:15 (WEA 02)	06:25 18:45	06:12 20:41	05:17 21:32
24	08:25 16:54	07:28 17:54		06:23 18:47	06:10 20:43	05:16 21:33
25	08:24 16:56	07:26 17:56		06:20 18:48	06:08 20:44	05:15 21:35
26	08:23 16:58	07:24 17:58		06:18 18:50	06:06 20:46	05:14 21:36
27	08:21 17:00	07:22 18:00		06:15 18:52	06:04 20:48	05:12 21:38
28	08:20 17:02	07:19 18:02		06:13 18:54	06:02 20:50	05:11 21:39
29	08:18 17:04			07:11 19:56	06:00 20:52	05:10 21:40
30	08:17 17:05			07:08 19:57	05:57 20:53	05:09 21:42
31	08:15 17:07	16:25 (WEA 01) 16:33 (WEA 01)		07:06 19:59	05:08 21:43	05:08 21:59
Sonnenscheinstunden	252	274	367	419	491	507
astr.max.mögl.Beschattung	8	743				

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

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

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES) **Schattenrezeptor:** G - Kreuzmoorstr. 44, Jaderkreuzmoor
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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

Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang

Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinstrahlung

Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

	July	August	September	Oktober		November	Dezember
1	05:03	05:42	06:35	07:27		07:24	15:24 (WEA 02) 08:18
	21:59	21:24	20:19	19:07		16:57	43 16:07 (WEA 01) 16:14
2	05:04	05:44	06:37	07:29		07:26	15:24 (WEA 02) 08:20
	21:58	21:23	20:17	19:04		16:55	44 16:08 (WEA 01) 16:13
3	05:05	05:46	06:39	07:31		07:28	15:25 (WEA 02) 08:21
	21:58	21:21	20:14	19:02		16:53	43 16:08 (WEA 01) 16:13
4	05:06	05:47	06:40	07:33		07:30	15:27 (WEA 02) 08:23
	21:57	21:19	20:12	18:59		16:51	42 16:09 (WEA 01) 16:12
5	05:07	05:49	06:42	07:34		07:32	15:27 (WEA 02) 08:24
	21:57	21:17	20:10	18:57		16:50	42 16:09 (WEA 01) 16:11
6	05:07	05:51	06:44	07:36		07:34	15:28 (WEA 02) 08:25
	21:56	21:15	20:07	18:55		16:48	41 16:09 (WEA 01) 16:11
7	05:08	05:52	06:46	07:38		07:36	15:30 (WEA 02) 08:27
	21:56	21:13	20:05	18:52		16:46	37 16:08 (WEA 01) 16:10
8	05:09	05:54	06:47	07:40		07:38	15:31 (WEA 02) 08:28
	21:55	21:11	20:02	18:50		16:44	33 16:07 (WEA 01) 16:10
9	05:10	05:56	06:49	07:42		07:40	15:34 (WEA 02) 08:29
	21:54	21:09	20:00	18:47		16:42	25 16:06 (WEA 01) 16:10
10	05:11	05:57	06:51	07:43		07:41	15:37 (WEA 02) 08:30
	21:53	21:07	19:58	18:45		16:41	17 16:05 (WEA 01) 16:09
11	05:13	05:59	06:53	07:45		07:43	15:56 (WEA 01) 08:31
	21:53	21:05	19:55	18:43		16:39	7 16:03 (WEA 01) 16:09
12	05:14	06:01	06:54	07:47		07:45	08:33
	21:52	21:03	19:53	18:40		16:37	16:09
13	05:15	06:02	06:56	07:49		07:47	08:34
	21:51	21:01	19:50	18:38		16:36	16:09
14	05:16	06:04	06:58	07:51		07:49	08:35
	21:50	20:59	19:48	18:36		16:34	16:09
15	05:17	06:06	06:59	07:53		07:51	08:36
	21:49	20:57	19:45	18:34		16:33	16:09
16	05:19	06:08	07:01	07:54		07:53	08:36
	21:48	20:55	19:43	18:31		16:31	16:09
17	05:20	06:09	07:03	07:56		07:54	08:37
	21:46	20:53	19:41	18:29		16:30	16:09
18	05:21	06:11	07:05	07:58		07:56	08:38
	21:45	20:51	19:38	18:27		16:28	16:09
19	05:23	06:13	07:06	08:00		16:35 (WEA 02) 07:58	08:39
	21:44	20:49	19:36	18:25	12	16:47 (WEA 02) 16:27	16:10
20	05:24	06:15	07:08	08:02		16:32 (WEA 02) 08:00	08:39
	21:43	20:46	19:33	18:22	18	16:50 (WEA 02) 16:26	16:10
21	05:25	06:16	07:10	08:04		16:30 (WEA 02) 08:02	08:40
	21:41	20:44	19:31	18:20	21	16:51 (WEA 02) 16:24	16:10
22	05:27	06:18	07:12	08:05		16:28 (WEA 02) 08:03	08:41
	21:40	20:42	19:28	18:18	25	16:53 (WEA 02) 16:23	16:11
23	05:28	06:20	07:13	08:07		16:27 (WEA 02) 08:05	08:41
	21:39	20:40	19:26	18:16	26	16:53 (WEA 02) 16:22	16:11
24	05:30	06:21	07:15	08:09		16:26 (WEA 02) 08:07	08:42
	21:37	20:38	19:23	18:14	28	16:54 (WEA 02) 16:21	16:12
25	05:31	06:23	07:17	08:11		15:25 (WEA 02) 08:09	08:42
	21:36	20:35	19:21	17:11	30	15:55 (WEA 02) 16:20	16:13
26	05:33	06:25	07:19	08:13		15:25 (WEA 02) 08:10	08:42
	21:34	20:33	19:19	17:09	30	15:55 (WEA 02) 16:18	16:13
27	05:34	06:27	07:20	08:15		15:24 (WEA 02) 08:12	08:42
	21:33	20:31	19:16	17:07	31	15:55 (WEA 02) 16:17	16:14
28	05:36	06:28	07:22	08:17		15:24 (WEA 02) 08:14	08:43
	21:31	20:28	19:14	17:05	33	16:00 (WEA 01) 16:17	16:15
29	05:37	06:30	07:24	08:19		15:24 (WEA 02) 08:15	08:43
	21:29	20:26	19:11	17:03	40	16:04 (WEA 01) 16:16	16:16
30	05:39	06:32	07:26	08:21		15:24 (WEA 02) 08:17	08:43
	21:28	20:24	19:09	17:01	42	16:06 (WEA 01) 16:15	16:17
31	05:41	06:34		07:22		15:24 (WEA 02)	08:43
	21:26	20:21		16:59	43	16:07 (WEA 01)	16:18
Sonnenscheinstunden	509	458	382	329		261	236
astr.max.mögl.Beschattung				379		374	

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

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

Projekt:

Delfshausen

Lizenzierter Anwender:

Ingenieurbüro PLANKON

Blumenstrasse 26

DE-26121 Oldenburg

0441 390 34 - 0

Roman Wagner vom Berg / mail@plankon.de

Berechnet:

02.02.2018 19:11/3.1.617

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES) **Schattenrezeptor:** H - Kreuzmoorstr. 48, Jaderkreuzmoor
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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

Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang

Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinstrahlung

Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	
1	08:43 16:19	08:14 17:09	07:17 18:04	07:03 20:01	05:55 20:55	05:07 21:44	05:03 21:59	05:42 21:24	06:35 20:19	07:27 19:07	07:24 16:57	15:52 (WEA 02) 16:19 (WEA 01)	08:18 16:14
2	08:43 16:20	08:12 17:11	07:15 18:06	07:01 20:03	05:53 20:57	05:06 21:45	05:04 21:58	05:04 21:23	05:44 20:17	06:37 19:04	07:26 16:55	15:54 (WEA 02) 16:19 (WEA 01)	08:20 16:13
3	08:42 16:21	08:10 17:13	07:13 18:08	06:59 20:05	05:51 20:59	05:05 21:46	05:05 21:56	05:05 21:21	05:46 20:14	06:39 19:02	07:28 16:53	15:58 (WEA 02) 16:18 (WEA 01)	08:21 16:13
4	08:42 16:22	08:08 17:15	07:10 18:10	06:56 20:07	05:49 21:01	05:05 21:47	05:06 21:57	05:07 21:19	05:47 20:12	06:40 18:59	07:30 16:51	16:05 (WEA 01) 16:18 (WEA 01)	08:23 16:12
5	08:42 16:24	08:07 17:17	07:08 18:11	06:54 20:08	05:47 21:02	05:04 21:49	05:07 21:57	05:09 21:17	06:42 20:10	07:34 18:57	07:32 16:50	16:06 (WEA 01) 16:17 (WEA 01)	08:24 16:11
6	08:42 16:25	08:05 17:19	07:06 18:13	06:51 20:10	05:46 21:04	05:03 21:50	05:07 21:56	05:11 21:15	06:44 20:07	07:36 18:55	07:34 16:48	16:08 (WEA 01) 16:15 (WEA 01)	08:25 16:11
7	08:41 16:26	08:03 17:21	07:03 18:15	06:49 20:12	05:44 21:06	05:02 21:51	05:08 21:56	05:12 21:13	06:46 20:05	07:38 18:52	07:36 16:46	16:07 (WEA 01) 16:14 (WEA 01)	08:27 16:10
8	08:41 16:28	08:01 17:23	07:01 18:17	06:47 20:14	05:42 21:08	05:02 21:51	05:09 21:55	05:09 21:11	06:47 20:02	07:40 18:50	07:38 16:44	16:07 (WEA 01) 16:11 (WEA 01)	08:28 16:10
9	08:40 16:29	07:59 17:25	06:59 18:19	06:44 20:16	05:40 21:09	05:01 21:52	05:10 21:54	05:10 21:09	06:49 20:00	07:42 18:47	07:40 16:42	16:05 (WEA 01) 16:09 (WEA 01)	08:29 16:10
10	08:39 16:31	07:57 17:27	06:56 18:21	06:42 20:17	05:38 21:11	05:01 21:53	05:11 21:53	05:11 21:07	06:51 19:58	07:43 18:45	07:41 16:41	16:05 (WEA 01) 16:09 (WEA 01)	08:30 16:09
11	08:39 16:32	07:56 17:29	06:54 18:23	06:40 20:19	05:36 21:13	05:00 21:54	05:13 21:53	05:13 21:05	06:53 19:55	07:45 18:43	07:43 16:39	16:04 (WEA 01) 16:08 (WEA 01)	08:31 16:09
12	08:38 16:34	07:54 17:31	06:52 18:25	06:37 20:21	05:35 21:14	05:00 21:55	05:14 21:52	05:14 21:03	06:54 19:53	07:47 18:40	07:45 16:37	16:06 (WEA 01) 16:10 (WEA 01)	08:33 16:09
13	08:37 16:35	07:52 17:33	06:49 18:26	06:35 20:23	05:33 21:16	05:00 21:55	05:15 21:51	05:15 21:01	06:56 19:50	07:49 18:38	07:47 16:36	16:07 (WEA 01) 16:11 (WEA 01)	08:34 16:09
14	08:36 16:37	07:50 17:35	06:47 18:28	06:33 20:25	05:31 21:18	04:59 21:56	05:16 21:50	05:16 20:59	06:58 19:48	07:51 18:36	07:49 16:34	16:08 (WEA 01) 16:12 (WEA 01)	08:35 16:09
15	08:36 16:38	07:48 17:37	06:44 18:30	06:30 20:26	05:29 21:19	04:59 21:57	05:17 21:49	05:17 20:57	06:59 19:45	07:53 18:34	07:51 16:33	16:09 (WEA 01) 16:13 (WEA 01)	08:36 16:09
16	08:35 16:40	07:46 17:39	06:42 18:32	06:28 20:28	05:28 21:21	04:59 21:57	05:19 21:48	05:19 20:55	07:01 19:43	07:54 18:31	07:53 16:31	16:08 (WEA 01) 16:11 (WEA 01)	08:36 16:09
17	08:34 16:42	07:43 17:41	06:40 18:34	06:26 20:30	05:26 21:23	04:59 21:58	05:20 21:46	05:20 20:53	07:03 19:41	07:56 18:29	07:55 16:29	16:07 (WEA 01) 16:11 (WEA 01)	08:37 16:09
18	08:33 16:43	07:41 17:43	06:37 18:36	06:23 20:32	05:25 21:24	04:59 21:58	05:21 21:45	05:21 20:51	07:05 19:38	07:58 18:27	07:58 16:28	16:08 (WEA 01) 16:12 (WEA 01)	08:38 16:09
19	08:32 16:45	07:39 17:45	06:35 18:37	06:21 20:34	05:23 21:26	04:59 21:58	05:23 21:44	05:23 20:49	07:06 19:36	07:58 18:25	07:58 16:27	16:09 (WEA 01) 16:13 (WEA 01)	08:39 16:10
20	08:30 16:47	07:37 17:47	06:32 18:39	06:19 20:35	05:22 21:27	04:59 21:59	05:24 21:43	05:24 20:46	07:08 19:33	07:59 18:22	07:59 16:26	16:10 (WEA 01) 16:14 (WEA 01)	08:40 16:10
21	08:29 16:49	07:35 17:48	06:30 18:41	06:17 20:37	05:20 21:29	04:59 21:41	05:25 21:41	05:25 20:44	07:10 19:31	08:04 18:20	08:04 16:24	16:11 (WEA 01) 16:15 (WEA 01)	08:41 16:10
22	08:28 16:50	07:33 17:50	06:28 18:43	06:15 20:39	05:19 21:30	04:59 21:40	05:27 21:39	05:27 20:42	08:05 19:28	08:05 18:18	08:05 16:23	16:12 (WEA 01) 16:16 (WEA 01)	08:41 16:11
23	08:27 16:52	07:31 17:52	06:25 18:45	06:12 20:41	05:17 21:32	05:00 21:59	05:28 21:39	05:28 20:40	08:07 19:26	08:07 18:16	08:07 16:22	16:13 (WEA 01) 16:17 (WEA 01)	08:41 16:11
24	08:25 16:54	07:28 17:54	06:23 18:47	06:10 20:43	05:16 21:33	05:00 22:00	05:30 21:37	05:30 20:38	08:09 19:23	08:09 18:14	08:09 16:21	16:14 (WEA 01) 16:18 (WEA 01)	08:41 16:11
25	08:24 16:56	07:26 17:56	06:20 18:48	06:08 20:44	05:15 21:35	05:00 22:00	05:31 21:36	05:31 20:35	07:17 19:21	07:17 18:13	07:17 16:20	16:15 (WEA 01) 16:19 (WEA 01)	08:42 16:13
26	08:23 16:58	07:24 17:58	06:18 18:50	06:06 20:46	05:14 21:36	05:01 22:00	05:33 21:34	05:33 20:33	07:19 19:19	07:13 18:09	07:13 16:18	16:16 (WEA 01) 16:20 (WEA 01)	08:43 16:14
27	08:21 17:00	07:22 18:00	06:15 18:52	06:04 20:48	05:12 21:38	05:01 21:59	05:34 21:33	05:34 20:31	07:20 19:16	07:15 18:07	07:15 16:17	16:17 (WEA 01) 16:21 (WEA 01)	08:42 16:14
28	08:20 17:02	07:19 18:02	06:13 18:54	06:02 20:50	05:11 21:39	05:00 21:59	05:36 21:31	05:36 20:28	07:22 19:14	07:17 18:05	07:17 16:15	16:18 (WEA 01) 16:22 (WEA 01)	08:43 16:15
29	08:18 17:04	07:17 18:04	06:10 19:56	06:00 20:52	05:10 21:40	05:00 21:59	05:37 21:29	05:37 20:26	07:24 19:11	07:19 18:03	07:19 16:14	16:19 (WEA 01) 16:23 (WEA 01)	08:43 16:16
30	08:17 17:05	07:16 18:05	06:08 19:57	05:57 20:53	05:09 21:42	05:03 21:59	05:39 21:28	05:39 20:24	07:26 19:09	07:21 18:01	07:21 16:15	16:20 (WEA 01) 16:24 (WEA 01)	08:44 16:17
31	08:15 17:07	07:15 18:07	06:06 19:59	06:05 21:43	05:08 21:43	05:02 22:00	05:41 21:26	05:41 20:21	07:27 18:59	07:22 18:52	07:22 16:16	16:21 (WEA 01) 16:25 (WEA 01)	08:44 16:18
Sonnenscheinstunden	252	274											
astr. max. mögl. Beschattung		490											
397													
103												236	

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

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

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES) **Schattenrezeptor:** I - Kreuzmoorstr. 50, Jaderkreuzmoor
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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

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

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember		
1	08:43 16:19	08:13 17:09	07:17 18:04	17:14 (WEA 02) 17:28 (WEA 02)	07:03 20:01	05:55 20:55	05:07 21:44	05:03 21:59	05:42 21:24	06:35 20:19	07:27 19:06	17:54 (WEA 02) 18:02 (WEA 02)	07:24 16:57	08:18 16:14
2	08:43 16:20	08:12 17:11	07:15 18:06	17:13 (WEA 02) 17:30 (WEA 02)	07:01 20:03	05:53 20:57	05:06 21:45	05:04 21:58	05:44 21:23	06:37 20:17	07:29 19:04	17:51 (WEA 02) 18:04 (WEA 02)	07:26 16:55	08:20 16:13
3	08:42 16:21	08:10 17:13	07:13 18:08	17:12 (WEA 02) 17:31 (WEA 02)	06:59 20:05	05:51 20:59	05:05 21:46	05:05 21:58	05:46 21:21	06:39 20:14	07:31 19:02	17:49 (WEA 02) 18:06 (WEA 02)	07:28 16:53	08:21 16:13
4	08:42 16:22	08:08 17:15	07:10 18:10	17:10 (WEA 02) 17:31 (WEA 02)	06:56 20:07	05:49 21:01	05:05 21:47	05:06 21:57	05:47 21:19	06:40 20:12	07:33 18:59	17:48 (WEA 02) 18:07 (WEA 02)	07:30 16:51	08:23 16:12
5	08:42 16:24	08:07 17:17	07:08 18:11	17:10 (WEA 02) 17:31 (WEA 02)	06:54 20:08	05:47 21:02	05:04 21:48	05:07 21:57	05:49 21:17	06:42 20:10	07:34 18:57	17:47 (WEA 02) 18:07 (WEA 02)	07:32 16:50	08:24 16:11
6	08:42 16:25	08:05 17:19	07:06 18:13	17:10 (WEA 02) 17:31 (WEA 02)	06:51 20:10	05:46 21:04	05:03 21:50	05:07 21:56	05:51 21:15	06:44 20:07	07:36 18:55	17:46 (WEA 02) 18:07 (WEA 02)	07:34 16:48	08:25 16:11
7	08:41 16:26	08:03 17:21	07:03 18:15	17:09 (WEA 02) 17:31 (WEA 02)	06:49 20:12	05:44 21:06	05:02 21:50	05:08 21:56	05:52 21:13	06:46 20:05	07:38 18:52	17:45 (WEA 02) 18:07 (WEA 02)	07:36 16:46	08:27 16:10
8	08:41 16:28	08:01 17:23	07:01 18:17	17:10 (WEA 02) 17:30 (WEA 02)	06:47 20:14	05:42 21:08	05:02 21:51	05:09 21:55	05:54 21:11	06:47 20:02	07:40 18:50	17:45 (WEA 02) 18:06 (WEA 02)	07:38 16:44	08:28 16:10
9	08:40 16:29	07:59 17:25	06:59 18:19	17:10 (WEA 02) 17:29 (WEA 02)	06:44 20:16	05:40 21:09	05:01 21:52	05:10 21:54	05:56 21:09	06:49 20:00	07:42 18:47	17:45 (WEA 02) 18:06 (WEA 02)	07:40 16:42	08:29 16:10
10	08:39 16:31	07:57 17:27	06:56 18:21	17:11 (WEA 02) 17:28 (WEA 02)	06:42 20:17	05:38 21:11	05:01 21:53	05:11 21:53	06:57 21:07	07:43 18:45	07:43 18:45	17:46 (WEA 02) 18:05 (WEA 02)	07:41 16:41	08:30 16:09
11	08:39 16:32	07:55 17:29	06:54 18:23	17:12 (WEA 02) 17:27 (WEA 02)	06:40 20:19	05:36 21:13	05:00 21:54	05:13 21:53	06:59 21:05	07:45 18:43	07:45 18:43	17:46 (WEA 02) 18:04 (WEA 02)	07:43 16:39	08:31 16:09
12	08:38 16:34	07:54 17:31	06:52 18:25	17:14 (WEA 02) 17:24 (WEA 02)	06:37 20:21	05:35 21:14	05:00 21:55	05:14 21:52	06:01 21:03	07:47 18:40	07:47 18:40	17:47 (WEA 02) 18:03 (WEA 02)	07:45 16:37	08:33 16:09
13	08:37 16:35	07:52 17:33	06:49 18:26	17:14 (WEA 02) 17:23 (WEA 02)	06:35 20:23	05:33 21:16	05:00 21:55	05:15 21:01	06:02 19:50	07:49 18:38	07:49 18:38	17:48 (WEA 02) 17:42 (WEA 01)	07:47 16:36	08:34 16:09
14	08:36 16:37	07:50 17:35	06:47 18:28	17:14 (WEA 02) 17:22 (WEA 02)	06:33 20:25	05:31 21:18	04:59 21:56	05:16 21:50	06:04 20:59	07:51 18:48	07:51 18:48	17:49 (WEA 01) 17:57 (WEA 02)	07:49 16:34	08:35 16:09
15	08:36 16:38	07:48 17:37	06:44 18:30	17:12 (WEA 02) 17:27 (WEA 02)	06:30 20:26	05:29 21:19	04:59 21:57	05:17 21:49	06:06 20:57	07:52 18:45	07:52 18:45	17:40 (WEA 01) 17:51 (WEA 01)	07:51 16:33	08:36 16:09
16	08:35 16:40	07:45 17:39	06:42 18:32	17:10 (WEA 02) 17:28 (WEA 02)	06:28 20:28	05:28 21:21	04:59 21:57	05:19 21:48	06:08 20:55	07:01 19:43	07:01 18:31	17:39 (WEA 01) 17:52 (WEA 01)	07:53 16:31	08:36 16:09
17	08:34 16:42	07:43 17:41	06:40 18:34	17:10 (WEA 02) 17:27 (WEA 02)	06:26 20:30	05:26 21:23	04:59 21:58	05:20 21:46	06:09 20:53	07:03 19:41	07:03 18:29	17:39 (WEA 01) 17:53 (WEA 01)	07:54 16:30	08:37 16:09
18	08:33 16:43	07:41 17:43	06:37 18:36	17:10 (WEA 02) 17:26 (WEA 02)	06:23 20:32	05:25 21:24	04:59 21:58	05:21 21:45	06:11 20:51	07:05 19:38	07:05 18:27	17:38 (WEA 01) 17:53 (WEA 01)	07:58 16:28	08:38 16:09
19	08:32 16:45	07:39 17:45	06:35 18:37	17:11 (WEA 01) 17:26 (WEA 01)	06:21 20:34	05:23 21:26	04:59 21:58	05:23 21:44	06:13 20:49	07:06 19:36	07:06 18:25	17:38 (WEA 01) 17:53 (WEA 01)	08:00 16:27	08:39 16:10
20	08:30 16:47	07:37 17:47	06:32 18:39	17:09 (WEA 01) 17:18 (WEA 01)	06:19 20:35	05:22 21:27	04:59 21:59	05:24 21:43	06:14 20:46	07:08 19:33	07:08 18:22	17:36 (WEA 01) 17:52 (WEA 01)	08:02 16:26	08:39 16:10
21	08:29 16:49	07:35 17:48	06:30 18:41	17:08 (WEA 01) 17:21 (WEA 01)	06:17 20:37	05:20 21:29	04:59 21:59	05:25 21:41	06:16 20:44	07:10 19:31	07:10 18:20	17:39 (WEA 01) 17:50 (WEA 01)	08:02 16:24	08:40 16:10
22	08:28 16:50	07:33 17:50	06:27 18:43	17:08 (WEA 01) 17:22 (WEA 01)	06:15 20:39	05:19 21:30	04:59 21:59	05:27 21:40	06:18 20:42	07:12 19:28	07:12 18:18	17:40 (WEA 01) 17:43 (WEA 01)	08:03 16:23	08:41 16:11
23	08:27 16:52	07:31 17:52	06:25 18:45	17:07 (WEA 01) 17:21 (WEA 01)	06:12 20:41	05:17 21:32	05:00 21:59	05:28 21:39	06:20 20:40	07:13 19:26	07:13 18:16	17:43 (WEA 01) 17:46 (WEA 01)	08:05 16:22	08:41 16:11
24	08:25 16:54	07:28 17:54	06:23 18:47	17:07 (WEA 01) 17:21 (WEA 01)	06:10 20:43	05:16 21:33	05:00 21:59	05:30 21:37	06:21 20:37	07:15 19:23	07:15 18:14	17:46 (WEA 01) 17:51 (WEA 01)	08:07 16:21	08:41 16:12
25	08:24 16:56	07:26 17:56	06:20 18:48	17:08 (WEA 01) 17:21 (WEA 01)	06:08 20:44	05:15 21:35	05:00 22:00	05:31 21:36	06:23 20:35	07:17 19:21	07:17 17:11	17:52 (WEA 01) 17:57 (WEA 01)	08:09 16:20	08:42 16:13
26	08:23 16:58	07:24 17:58	06:18 18:50	17:07 (WEA 01) 17:20 (WEA 01)	06:06 20:46	05:14 21:36	05:01 22:00	05:33 21:34	06:25 20:33	07:19 19:19	07:19 17:09	17:56 (WEA 01) 17:59 (WEA 01)	08:10 16:18	08:42 16:13
27	08:21 17:00	07:22 18:00	06:15 18:52	17:09 (WEA 01) 17:19 (WEA 01)	06:04 20:48	05:12 21:38	05:01 21:59	05:34 21:33	06:27 20:31	07:20 19:16	07:20 17:07	17:54 (WEA 01) 17:57 (WEA 01)	08:12 16:17	08:42 16:14
28	08:20 17:02	07:19 18:02	06:13 18:54	17:12 (WEA 01) 17:27 (WEA 02)	06:02 20:50	05:11 21:39	05:02 21:59	05:36 21:31	06:28 20:28	07:22 19:14	07:22 17:05	17:53 (WEA 01) 17:56 (WEA 01)	08:13 16:15	08:43 16:14
29	08:18 17:04	07:17 19:04	06:11 19:56	17:11 (WEA 02) 17:26 (WEA 02)	06:00 20:52	05:10 21:40	05:02 21:59	05:37 21:29	06:30 20:26	07:24 19:11	07:24 17:03	17:57 (WEA 01) 17:59 (WEA 01)	08:15 16:16	08:43 16:16
30	08:17 17:05	07:16 19:05	06:10 19:57	17:11 (WEA 02) 17:26 (WEA 02)	05:57 20:53	05:09 21:42	05:03 21:59	05:39 21:28	06:32 20:24	07:26 19:09	07:26 17:01	17:58 (WEA 01) 17:59 (WEA 01)	08:17 16:15	08:43 16:17
31	08:15 17:07	07:15 19:06	06:09 19:59	17:11 (WEA 02) 17:26 (WEA 02)	06:06 20:54	05:11 21:43	05:04 21:59	05:41 21:26	06:34 20:21	07:27 16:59	07:27 16:59	17:58 (WEA 01) 17:59 (WEA 01)	08:18 16:18	08:43 16:18
Sonneneinstrahlung		252	274	367	419	491	507	509	458	382	329	346	261	236
astr. max. mögl. Beschattung														

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

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

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES) **Schattenrezeptor:** J - Zur Jade 111, Jaderlangstraße
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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

	Januar	Februar	März	April		Mal		Juni	
1	08:43 16:19	08:13 17:09	07:17 18:04	07:03 20:01		05:55 20:55	11	20:15 (WEA 01) 20:26 (WEA 01)	05:07 21:44
2	08:43 16:20	08:12 17:11	07:15 18:06	07:01 20:03		05:53 20:57	13	20:14 (WEA 01) 20:27 (WEA 01)	05:06 21:45
3	08:42 16:21	08:10 17:13	07:13 18:08	06:59 20:05		05:51 20:59	14	20:13 (WEA 01) 20:27 (WEA 01)	05:05 21:46
4	08:42 16:23	08:08 17:15	07:10 18:10	06:56 20:07		05:49 21:00	15	20:12 (WEA 01) 20:27 (WEA 01)	05:05 21:47
5	08:42 16:24	08:07 17:17	07:08 18:11	06:54 20:08		05:47 21:02	15	20:12 (WEA 01) 20:27 (WEA 01)	05:04 21:48
6	08:41 16:25	08:05 17:19	07:06 18:13	06:51 20:10		05:46 21:04	16	20:11 (WEA 01) 20:27 (WEA 01)	05:03 21:49
7	08:41 16:26	08:03 17:21	07:03 18:15	06:49 20:12		05:44 21:06	16	20:12 (WEA 01) 20:28 (WEA 01)	05:02 21:50
8	08:41 16:28	08:01 17:23	07:01 18:17	06:47 20:14		05:42 21:07	15	20:12 (WEA 01) 20:27 (WEA 01)	05:02 21:51
9	08:40 16:29	07:59 17:25	06:59 18:19	06:44 20:16		05:40 21:09	14	20:12 (WEA 01) 20:26 (WEA 01)	05:01 21:52
10	08:39 16:31	07:57 17:27	06:56 18:21	06:42 20:17		05:38 21:11	12	20:14 (WEA 01) 20:26 (WEA 01)	05:01 21:53
11	08:39 16:32	07:55 17:29	06:54 18:23	06:40 20:19		05:36 21:13	10	20:14 (WEA 01) 20:24 (WEA 01)	05:00 21:54
12	08:38 16:34	07:54 17:31	06:52 18:25	06:37 20:21		05:35 21:14	6	20:16 (WEA 01) 20:22 (WEA 01)	05:00 21:55
13	08:37 16:35	07:52 17:33	06:49 18:26	06:35 20:23		05:33 21:16			05:00 21:55
14	08:36 16:37	07:50 17:35	06:47 18:28	06:33 20:25		05:31 21:18			04:59 21:56
15	08:36 16:38	07:48 17:37	06:44 18:30	06:30 20:26		05:29 21:19			04:59 21:57
16	08:35 16:40	07:45 17:39	06:42 18:32	06:28 20:28		05:28 21:21			04:59 21:57
17	08:34 16:42	07:43 17:41	06:40 18:34	06:26 20:30		05:26 21:23			04:59 21:58
18	08:33 16:43	07:41 17:43	06:37 18:36	06:23 20:32		05:25 21:24			04:59 21:58
19	08:32 16:45	07:39 17:45	06:35 18:37	06:21 20:34		05:23 21:26			04:59 21:58
20	08:30 16:47	07:37 17:47	06:32 18:39	06:19 20:35		05:22 21:27			04:59 21:59
21	08:29 16:49	07:35 17:48	06:30 18:41	06:17 20:37		05:20 21:29			04:59 21:59
22	08:28 16:50	07:33 17:50	06:27 18:43	06:15 20:39		05:19 21:30			04:59 21:59
23	08:27 16:52	07:31 17:52	06:25 18:45	06:12 20:41		05:17 21:32			05:00 21:59
24	08:25 16:54	07:28 17:54	06:23 18:47	06:10 20:43		05:16 21:33			05:00 21:59
25	08:24 16:56	07:26 17:56	06:20 18:48	06:08 20:44		05:15 21:35			05:00 21:59
26	08:23 16:58	07:24 17:58	06:18 18:50	06:06 20:46		05:14 21:36			05:01 21:59
27	08:21 17:00	07:22 18:00	06:15 18:52	06:04 20:48		05:12 21:38			05:01 21:59
28	08:20 17:02	07:19 18:02	06:13 18:54	06:02 20:50		05:11 21:39			05:02 21:59
29	08:18 17:04		07:11 19:56	06:00 20:52		05:10 21:40			05:02 21:59
30	08:17 17:05		07:08 19:57	05:57 20:53	7	05:09 21:41		20:17 (WEA 01) 20:24 (WEA 01)	05:03 21:59
31	08:15 17:07		07:06 19:59			05:08 21:43			21:59
Sonnenscheinstunden	252	274	367	419	7	491	157		507
astr.max.mögl.Beschattung					7		157		

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

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

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES) **Schattenrezeptor:** J - Zur Jade 111, Jaderlangstraße
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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

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

	Jul	August	September	Oktober	November	Dezember	
1	05:03 21:59	05:42 21:24	20:25 (WEA 01)	06:35 20:19	07:27 19:07	07:24 16:57	08:18 16:14
2	05:04 21:58	05:44 21:23	20:24 (WEA 01)	06:37 20:17	07:29 19:04	07:26 16:55	08:20 16:13
3	05:05 21:58	05:46 21:21	20:23 (WEA 01)	06:39 20:14	07:31 19:02	07:28 16:53	08:21 16:13
4	05:06 21:57	05:47 21:19	20:22 (WEA 01)	06:40 20:12	07:33 18:59	07:30 16:51	08:23 16:12
5	05:07 21:57	05:49 21:17	20:22 (WEA 01)	06:42 20:10	07:34 18:57	07:32 16:50	08:24 16:11
6	05:07 21:56	05:51 21:15	20:21 (WEA 01)	06:44 20:07	07:36 18:55	07:34 16:48	08:25 16:11
7	05:08 21:56	05:52 21:13	20:22 (WEA 01)	06:46 20:05	07:38 18:52	07:36 16:46	08:27 16:10
8	05:09 21:55	05:54 21:11	20:21 (WEA 01)	06:47 20:02	07:40 18:50	07:38 16:44	08:28 16:10
9	05:10 21:54	05:56 21:09	20:22 (WEA 01)	06:49 20:00	07:42 18:47	07:40 16:42	08:29 16:10
10	05:11 21:53	05:57 21:07	20:21 (WEA 01)	06:51 19:58	07:43 18:45	07:41 16:41	08:30 16:09
11	05:13 21:52	05:59 21:05	20:22 (WEA 01)	06:53 19:55	07:45 18:43	07:43 16:39	08:31 16:09
12	05:14 21:52	06:01 21:03	20:24 (WEA 01)	06:54 19:53	07:47 18:40	07:45 16:37	08:33 16:09
13	05:15 21:51	06:02 21:01	20:34 (WEA 01)	06:56 19:50	07:49 18:38	07:47 16:36	08:34 16:09
14	05:16 21:50	06:04 20:59	20:32 (WEA 01)	06:58 19:48	07:51 18:36	07:49 16:34	08:35 16:09
15	05:17 21:49	06:06 20:57		06:59 19:45	07:52 18:34	07:51 16:33	08:35 16:09
16	05:19 21:47	06:08 20:55		07:01 19:43	07:54 18:31	07:53 16:31	08:36 16:09
17	05:20 21:46	06:09 20:53		07:03 19:41	07:56 18:29	07:54 16:30	08:37 16:09
18	05:21 21:45	06:11 20:51		07:05 19:38	07:58 18:27	07:56 16:28	08:38 16:09
19	05:23 21:44	06:13 20:49		07:06 19:36	08:00 18:25	07:58 16:27	08:39 16:10
20	05:24 21:43	06:15 20:46		07:08 19:33	08:02 18:22	08:00 16:26	08:39 16:10
21	05:25 21:41	06:16 20:44		07:10 19:31	08:04 18:20	08:02 16:24	08:40 16:10
22	05:27 21:40	06:18 20:42		07:12 19:28	08:05 18:18	08:03 16:23	08:41 16:11
23	05:28 21:39	06:20 20:40		07:13 19:26	08:07 18:16	08:05 16:22	08:41 16:11
24	05:30 21:37	06:21 20:37		07:15 19:23	08:09 18:14	08:07 16:21	08:41 16:12
25	05:31 21:36	06:23 20:35		07:17 19:21	08:11 17:11	08:08 16:20	08:42 16:13
26	05:33 21:34	06:25 20:33		07:19 19:19	08:13 17:09	08:10 16:19	08:42 16:13
27	05:34 21:33	06:27 20:31		07:20 19:16	08:15 17:07	08:12 16:18	08:42 16:14
28	05:36 21:31	06:28 20:28		07:22 19:14	08:17 17:05	08:13 16:17	08:43 16:15
29	05:38 21:29	06:30 20:26		07:24 19:11	08:19 17:03	08:15 16:16	08:43 16:16
30	05:39 21:28	06:32 20:24		07:26 19:09	08:21 17:01	08:17 16:15	08:43 16:17
31	05:41 21:26	20:29 (WEA 01) 20:31 (WEA 01)	06:34 20:21		07:22 16:59		08:43 16:18
Sonnenscheinstunden	509	458		382	329	261	236
astr.max.mögl.Beschattung	2	172					

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

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

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES) **Schattenrezeptor:** N - Lehmdor Str. 436, Lehmdormoor
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	
1	08:43	08:14	07:17	07:03	05:56	06:39 (WEA 01)	05:07	05:04	05:42	06:35	07:27	07:24	08:18
16:19	17:09	18:04	20:01	20:55	20:55	06:47 (WEA 01)	21:44	21:59	21:24	20:19	19:07	16:57	16:14
2	08:43	08:12	07:15	07:01	05:54		05:06	05:04	05:44	06:37	07:29	07:26	08:20
16:20	17:11	18:06	20:03	20:57	20:57		21:45	21:58	21:23	20:17	19:04	16:55	16:13
3	08:43	08:10	07:13	06:59	05:52		05:06	05:05	05:46	06:39	07:31	07:28	08:21
16:21	17:13	18:08	20:05	20:59	20:59		21:46	21:58	21:21	20:14	19:02	16:53	16:13
4	08:42	08:09	07:10	06:56	05:50		05:05	05:06	05:47	06:41	07:33	07:30	08:23
16:23	17:15	18:10	20:07	21:01	21:01		21:48	21:57	21:19	20:12	18:59	16:52	16:12
5	08:42	08:07	07:08	06:54	05:48		05:04	05:07	05:49	06:42	07:35	07:32	08:24
16:24	17:17	18:12	20:08	21:02	21:02		21:49	21:57	21:17	20:10	18:57	16:50	16:12
6	08:42	08:05	07:06	06:52	05:46		05:03	05:08	05:51	06:44	07:36	07:34	08:25
16:25	17:19	18:13	20:10	21:04	21:04		21:50	21:56	21:15	20:07	18:55	16:48	16:11
7	08:41	08:03	07:03	06:49	05:44		05:03	05:09	05:52	06:46	07:38	07:36	08:27
16:26	17:21	18:15	20:12	21:06	21:06		21:51	21:56	21:13	20:05	18:52	16:46	16:11
8	08:41	08:01	07:01	06:47	05:42		05:02	05:10	05:54	06:48	07:40	07:38	08:28
16:28	17:23	18:17	20:14	21:08	21:08		21:52	21:55	21:11	20:02	18:50	16:44	16:10
9	08:40	07:59	06:59	06:44	05:40		05:01	05:11	05:56	06:49	07:42	07:40	08:29
16:29	17:25	18:19	20:16	21:09	21:09		21:52	21:54	21:10	20:00	18:48	16:43	16:10
10	08:40	07:58	06:56	06:42	05:38		05:01	05:12	05:57	06:51	07:44	07:42	08:30
16:31	17:27	18:21	20:18	21:11	21:11		21:53	21:53	21:08	19:58	18:45	16:41	16:10
11	08:39	07:56	06:54	06:40	05:36		05:01	05:13	05:59	06:54 (WEA 01)	07:55	07:45	08:32
16:32	17:29	18:23	20:19	21:13	21:13		21:54	21:53	21:06	06:47 (WEA 01)	07:55	18:43	16:39
12	08:38	07:54	06:52	06:37	05:35		05:00	05:14	06:01	06:47 (WEA 01)	06:54	07:47	08:33
16:34	17:31	18:25	20:21	21:14	21:14		21:55	21:52	21:04	06:47 (WEA 01)	06:54	07:47	08:33
13	08:37	07:52	06:49	06:35	05:33		05:00	05:15	06:03	9 06:56 (WEA 01)	06:56	07:49	08:34
16:35	17:33	18:27	20:23	21:16	21:16		21:55	21:51	21:01	12 06:45 (WEA 01)	06:56	07:49	08:34
14	08:37	07:50	06:47	06:33	05:31		05:00	05:16	06:04	12 06:57 (WEA 01)	06:56	07:49	08:34
16:37	17:35	18:28	20:25	21:18	21:18		21:56	21:50	20:59	13 06:45 (WEA 01)	06:58	07:51	08:35
15	08:36	07:48	06:44	06:30	05:30		04:59	05:17	06:06	13 06:58 (WEA 01)	06:58	07:51	08:36
16:39	17:37	18:30	20:27	21:19	21:19		21:57	21:49	20:57	15 06:44 (WEA 01)	07:00	07:53	08:36
16	08:35	07:46	06:42	06:28	05:28		04:59	05:19	06:08	15 06:59 (WEA 01)	06:56	07:53	08:37
16:40	17:39	18:32	20:28	21:21	21:21		21:57	21:48	20:55	15 06:43 (WEA 01)	07:03	07:56	08:37
17	08:34	07:44	06:40	06:26	05:26		04:59	05:20	06:09	15 06:58 (WEA 01)	06:58	07:56	08:37
16:42	17:41	18:34	20:30	21:23	21:23		21:58	21:46	20:53	16 06:44 (WEA 01)	07:06	07:59	08:38
18	08:33	07:41	06:37	06:24	05:25		04:59	05:21	06:11	16 06:59 (WEA 01)	06:58	07:58	08:38
16:44	17:43	18:36	20:32	21:24	21:24		21:58	21:45	20:51	16 06:43 (WEA 01)	07:09	07:58	08:39
19	08:32	07:39	06:35	06:21	05:23		04:59	05:23	06:13	15 06:58 (WEA 01)	06:58	07:58	08:39
16:45	17:45	18:38	20:34	21:26	21:26		21:59	21:44	20:49	15 06:44 (WEA 01)	07:12	07:60	08:40
20	08:31	07:37	06:32	06:19	05:22		04:59	05:24	06:15	11 06:58 (WEA 01)	06:58	07:59	08:40
16:47	17:47	18:39	20:36	21:27	21:27		21:59	21:43	20:47	13 06:44 (WEA 01)	07:10	07:59	08:41
21	08:29	07:35	06:30	06:17	05:20	06:41 (WEA 01)	04:59	05:26	06:16	11 06:55 (WEA 01)	06:58	07:59	08:41
16:49	17:49	18:41	20:37	21:29	21:29	8 06:49 (WEA 01)	21:59	21:41	20:44	11 06:46 (WEA 01)	06:58	07:59	08:41
22	08:28	07:33	06:28	06:15	05:19	06:39 (WEA 01)	05:00	05:27	06:18	7 06:53 (WEA 01)	06:58	07:59	08:41
16:51	17:51	18:43	20:39	21:30	21:30	12 06:51 (WEA 01)	21:59	21:40	20:42	07:13	08:07	08:05	08:41
23	08:27	07:31	06:25	06:12	05:18	06:38 (WEA 01)	05:00	05:28	06:20	19:26	18:16	16:22	16:12
16:52	17:53	18:45	20:41	21:32	21:32	14 06:52 (WEA 01)	21:59	21:39	20:40	07:15	08:09	08:07	08:42
24	08:26	07:29	06:23	06:10	05:16	06:37 (WEA 01)	05:00	05:30	06:22	19:24	18:14	16:21	16:12
16:54	17:54	18:47	20:43	21:33	21:33	15 06:52 (WEA 01)	22:00	21:37	20:38	07:17	07:11	08:09	08:42
25	08:24	07:26	06:20	06:08	05:15	06:37 (WEA 01)	05:00	05:31	06:23	19:21	17:12	16:20	16:13
16:56	17:56	18:49	20:45	21:35	21:35	15 06:52 (WEA 01)	22:00	21:36	20:35	07:19	07:13	08:10	08:42
26	08:23	07:24	06:18	06:06	05:14	06:37 (WEA 01)	05:01	05:33	06:25	19:19	17:10	16:19	16:13
16:58	17:58	18:50	20:46	21:36	21:36	15 06:52 (WEA 01)	22:00	21:34	20:33	07:20	07:15	08:12	08:43
27	08:21	07:22	06:16	06:04	05:13	06:37 (WEA 01)	05:01	05:35	06:27	19:16	17:07	16:18	16:14
17:00	18:00	18:52	20:48	21:38	21:38	15 06:52 (WEA 01)	22:00	21:33	20:31	07:22	07:17	08:14	08:43
28	08:20	07:20	06:13	06:02	05:11	06:37 (WEA 01)	05:02	05:36	06:29	19:14	17:05	16:17	16:15
17:02	18:02	18:54	20:50	21:39	21:39	14 06:51 (WEA 01)	21:59	21:31	20:28	07:24	07:19	08:15	08:43
29	08:18	07:11	06:00	05:00	04:00	06:37 (WEA 01)	05:02	05:38	06:30	19:11	17:03	16:16	16:16
17:04	18:04	18:56	20:52	21:40	21:40	13 06:50 (WEA 01)	21:59	21:30	20:26	07:26	07:21	08:17	08:43
30	08:17	07:08	05:58	05:09	04:09	06:38 (WEA 01)	05:03	05:39	06:32	19:09	17:01	16:15	16:17
17:06	18:06	18:58	20:54	21:42	21:42	11 06:49 (WEA 01)	21:59	21:28	20:24	07:23	07:23	08:17	08:43
31	08:15	07:06	05:56	05:07	04:07			05:41	06:34				
17:08	18:08	18:59	20:54	21:43	21:43			21:26	20:22				16:18
Sonnenscheinstunden	252	274	367	419	491	507	509	458	382	329	261	236	
astr.max.mögl.Beschattung				132	8	8		145					

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

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

SHADOW - Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES) **Schattenrezeptor:** O - Lehmdr Str. 472, Lehmdermoor
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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

	Januar	Februar	März	April		05	06	Juni	Juli	August	September/Oktober		November	Dezember	
1	08:43	08:14	07:17	07:03		05:56		06:34 (WEA 02)	05:07	05:04		06:35	07:27	07:24	08:18
	16:19	17:09	18:04	20:01		20:55	11	06:45 (WEA 02)	21:44	21:59	21:24	20:19	19:07	16:57	16:14
2	08:43	08:12	07:15	07:01		05:54		06:35 (WEA 02)	05:06	05:04		06:37	07:29	07:26	08:20
	16:20	17:11	18:06	20:03		20:57	8	06:43 (WEA 02)	21:45	21:58	21:23	20:17	19:04	16:55	16:13
3	08:43	08:10	07:13	06:59		05:52			05:06	05:05		06:39	07:31	07:28	08:21
	16:21	17:13	18:08	20:05		20:59			21:46	21:58	21:21	20:14	19:02	16:53	16:13
4	08:42	08:09	07:10	06:56		05:50			05:05	05:06		06:41	07:33	07:30	08:23
	16:23	17:15	18:10	20:07		21:01			21:48	21:57	21:19	20:12	18:59	16:52	16:12
5	08:42	08:07	07:08	06:54		05:48			05:04	05:07		06:42	07:35	07:32	08:24
	16:24	17:17	18:12	20:08		21:02			21:49	21:57	21:17	20:10	18:57	16:50	16:11
6	08:42	08:05	07:06	06:52		05:46			05:03	05:08		06:44	07:36	07:34	08:25
	16:25	17:19	18:13	20:10		21:04			21:50	21:56	21:15	20:07	18:55	16:48	16:11
7	08:41	08:03	07:03	06:49		05:44			05:03	05:09		06:46	07:38	07:36	08:27
	16:26	17:21	18:15	20:12		21:06			21:51	21:56	21:13	20:05	18:52	16:46	16:11
8	08:41	08:01	07:01	06:47		05:42			05:02	05:10		06:48	07:40	07:38	08:28
	16:28	17:23	18:17	20:14		21:08			21:52	21:55	21:11	20:02	18:50	16:44	16:10
9	08:40	07:59	06:59	06:44		05:40			05:01	05:11		06:49	07:42	07:40	08:29
	16:29	17:25	18:19	20:16		21:09			21:52	21:54	21:10	20:00	18:48	16:43	16:10
10	08:40	07:58	06:56	06:42		05:38			05:01	05:12		06:47 (WEA 02)	06:51	07:44	08:30
	16:31	17:27	18:21	20:17		21:11			21:53	21:53	21:08	3	06:50 (WEA 02)	19:58	16:41
11	08:39	07:56	06:54	06:40		05:36			05:01	05:13		06:43 (WEA 02)	06:53	07:45	08:32
	16:32	17:29	18:23	20:19		21:13			21:54	21:53	21:06	9	06:52 (WEA 02)	19:55	16:39
12	08:38	07:54	06:52	06:37		05:35			05:00	05:14		06:42 (WEA 02)	06:54	07:47	08:33
	16:34	17:31	18:25	20:21		21:14			21:55	21:52	21:04	11	06:53 (WEA 02)	19:53	16:41
13	08:37	07:52	06:49	06:35		05:33			05:00	05:15		06:41 (WEA 02)	06:56	07:49	08:34
	16:35	17:33	18:27	20:23		21:16			21:55	21:51	21:01	12	06:53 (WEA 02)	19:50	16:38
14	08:37	07:50	06:47	06:33		05:31		07:04 (WEA 01)	05:00	05:16		06:40 (WEA 02)	06:58	07:51	08:35
	16:37	17:35	18:28	20:25		21:18	10	07:14 (WEA 01)	21:56	21:50	20:59	14	06:54 (WEA 02)	19:48	16:36
15	08:36	07:48	06:44	06:30		05:30			04:59	05:17		06:40 (WEA 02)	07:00	07:53	08:36
	16:39	17:37	18:30	20:27		21:19	14	07:16 (WEA 01)	21:57	21:49	20:57	21	07:14 (WEA 01)	19:46	16:34
16	08:35	07:46	06:42	06:28		05:28			04:59	05:19		06:39 (WEA 02)	07:01	07:54	08:36
	16:40	17:39	18:32	20:28		21:21	18	07:18 (WEA 01)	21:57	21:48	20:55	26	07:19 (WEA 01)	19:43	16:31
17	08:34	07:44	06:40	06:26		05:26			04:59	05:20		06:40 (WEA 02)	07:03	07:56	08:37
	16:42	17:41	18:34	20:30		21:23	18	07:18 (WEA 01)	21:58	21:46	20:53	29	07:21 (WEA 01)	19:41	16:29
18	08:33	07:41	06:37	06:24		05:25			04:59	05:21		06:39 (WEA 02)	07:05	07:58	08:38
	16:44	17:43	18:36	20:32		21:24	20	07:19 (WEA 01)	21:58	21:45	20:51	31	07:21 (WEA 01)	19:38	16:27
19	08:32	07:39	06:35	06:21		05:23			04:59	05:23		06:41 (WEA 02)	07:06	08:00	08:39
	16:45	17:45	18:38	20:34		21:26	21	07:18 (WEA 01)	21:59	21:44	20:49	29	07:22 (WEA 01)	19:36	16:25
20	08:31	07:37	06:32	06:19		05:22			04:59	05:24		06:43 (WEA 02)	07:08	08:02	08:39
	16:47	17:47	18:39	20:36		21:27	21	07:18 (WEA 01)	21:59	21:43	20:47	28	07:23 (WEA 01)	19:33	16:22
21	08:29	07:35	06:30	06:17		05:20			04:59	05:26		06:44 (WEA 02)	07:10	08:04	08:40
	16:49	17:49	18:41	20:37		21:29	21	07:18 (WEA 01)	21:59	21:41	20:44	24	07:23 (WEA 01)	19:31	16:20
22	08:28	07:33	06:28	06:15		05:19			04:59	05:27		07:02 (WEA 01)	07:12	08:06	08:41
	16:51	17:51	18:43	20:39		21:30	25	07:18 (WEA 01)	21:59	21:40	20:42	21	07:23 (WEA 01)	19:28	16:18
23	08:27	07:31	06:25	06:12		05:18			05:00	05:28		07:02 (WEA 01)	07:13	08:07	08:41
	16:52	17:52	18:45	20:41		21:32	27	07:17 (WEA 01)	21:59	21:39	20:40	21	07:23 (WEA 01)	19:26	16:12
24	08:26	07:29	06:23	06:10		05:16			05:00	05:30		07:01 (WEA 01)	07:15	08:09	08:42
	16:54	17:54	18:47	20:43		21:33	30	07:17 (WEA 01)	22:00	21:37	20:38	21	07:22 (WEA 01)	19:24	16:14
25	08:24	07:26	06:20	06:08		05:15			05:00	05:31		07:02 (WEA 01)	07:17	07:11	08:09
	16:56	17:56	18:49	20:45		21:35	29	07:15 (WEA 01)	22:00	21:36	20:35	20	07:22 (WEA 01)	19:21	16:12
26	08:23	07:24	06:18	06:06		05:14			05:01	05:33		07:02 (WEA 01)	07:19	07:13	08:10
	16:58	17:58	18:50	20:46		21:36	28	07:14 (WEA 01)	22:00	21:34	20:33	19	07:21 (WEA 01)	19:19	16:13
27	08:21	07:22	06:16	06:04		05:13			05:01	05:34		07:05 (WEA 01)	07:20	07:15	08:12
	17:00	18:00	18:52	20:48		21:38	25	07:12 (WEA 01)	22:00	21:33	20:31	17	07:19 (WEA 01)	19:16	16:18
28	08:20	07:20	06:13	06:02		05:11			05:02	05:36		07:04 (WEA 01)	07:22	07:17	08:14
	17:02	18:02	18:54	20:50		21:39	18	07:09 (WEA 01)	21:59	21:31	20:28	14	07:18 (WEA 01)	19:14	16:15
29	08:18		07:11	06:00		05:10			05:02	05:38		07:05 (WEA 01)	07:24	07:19	08:15
	17:04		19:56	20:52		21:40	14	06:47 (WEA 02)	21:59	21:29	20:26	10	07:15 (WEA 01)	19:11	16:16
30	08:17		07:08	05:58		05:09			05:03	05:39		07:06 (WEA 01)	07:26	07:21	08:17
	17:06		19:58	20:54		21:42	13	06:46 (WEA 02)	21:59	21:28	20:24		19:09	17:01	16:17
31	08:15		07:06			05:08				05:41			07:23		08:43
	17:07		19:59			21:43				21:26			16:59		16:18
Sonnenscheinstunden	252	274	367	419		491	19		507	509	458	380	382	329	261
astr.max.mögl.Beschattung				352		491									236

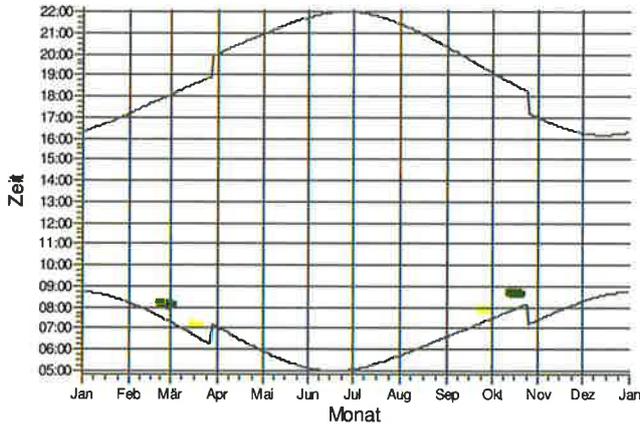
Tabellen-Layout: Die Daten für jeden Tag sind in folgender Matrix wiedergegeben (Sommerzeit wie Bezugsjahr):

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

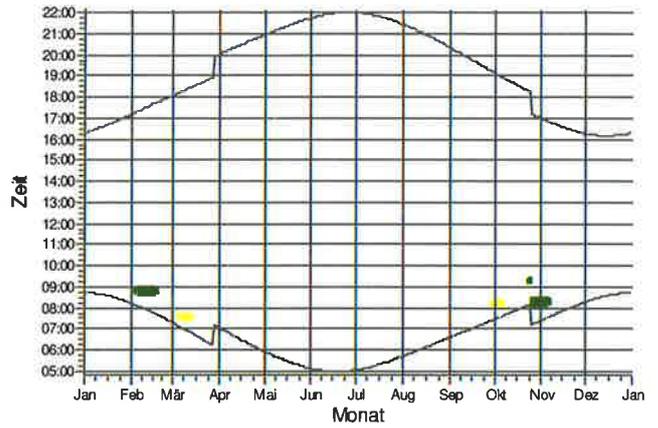
SHADOW - Grafischer Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES)

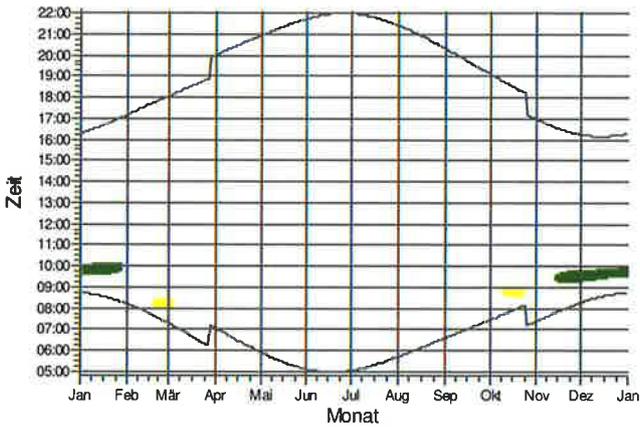
A: Harms Weg 18, Jaderkreuzmoor



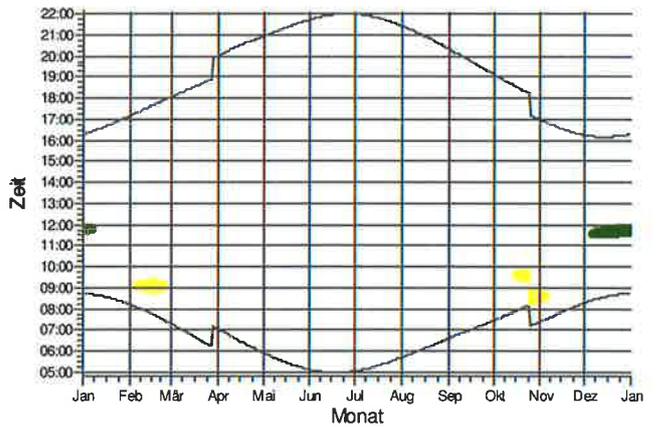
B: Lehmdr Str. 6, Jaderkreuzmoor



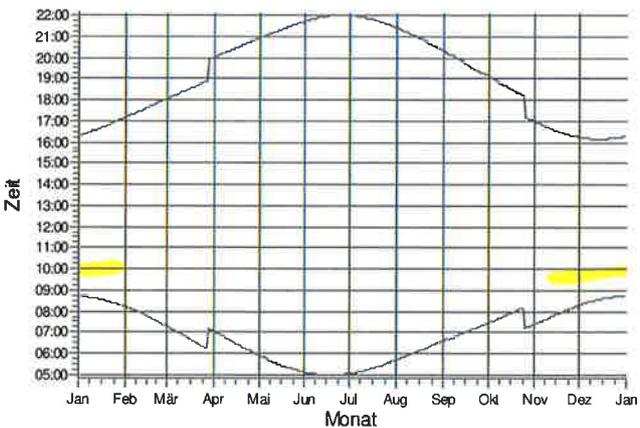
C: Lehmdr Str. 4, Jaderkreuzmoor



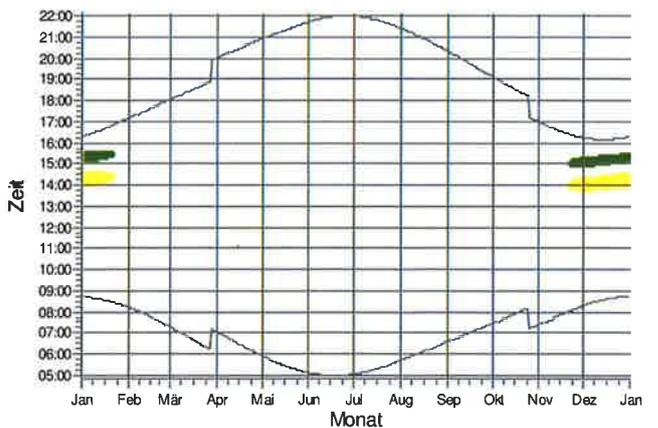
D: Lehmdr Str. 3, Jaderkreuzmoor



E: Lehmdr Str. 1, Jaderkreuzmoor



F: Kreuzmoorstr. 42, Jaderkreuzmoor



WEA

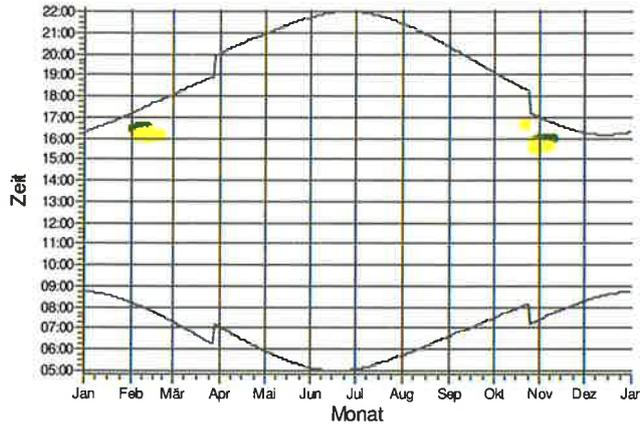
WEA 01: WEA 01

WEA 02: WEA 02

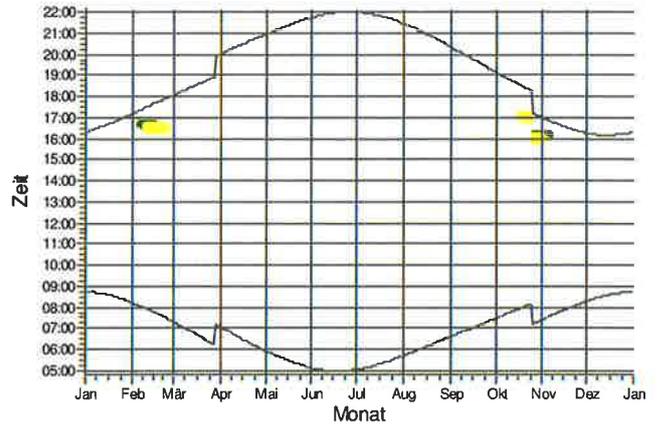
SHADOW - Grafischer Kalender

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES)

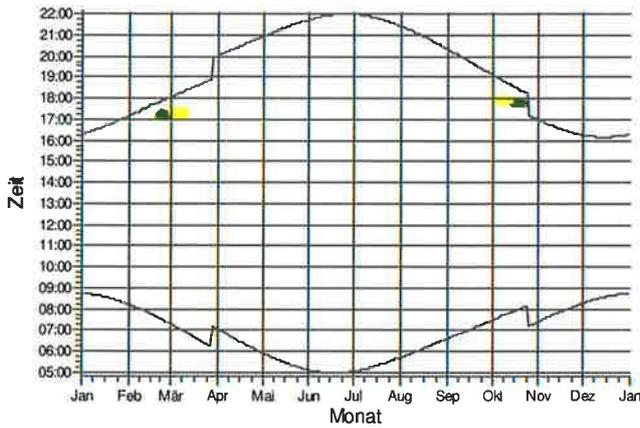
G: Kreuzmoorstr. 44, Jaderkreuzmoor



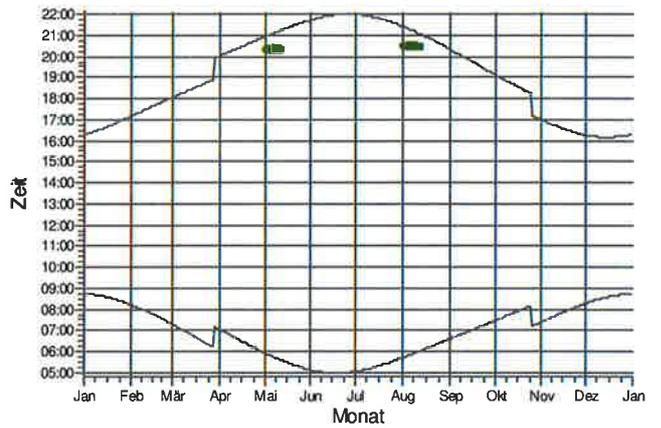
H: Kreuzmoorstr. 48, Jaderkreuzmoor



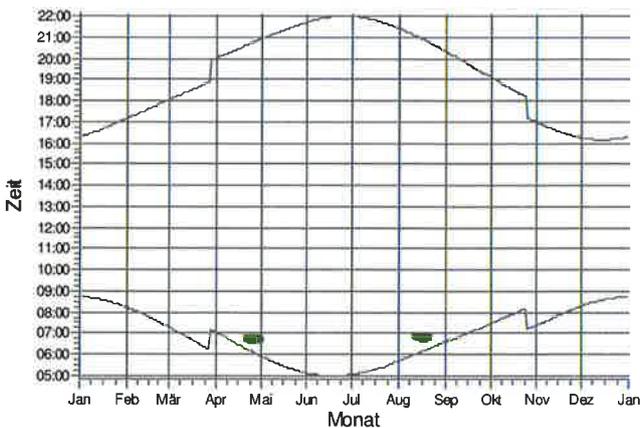
I: Kreuzmoorstr. 50, Jaderkreuzmoor



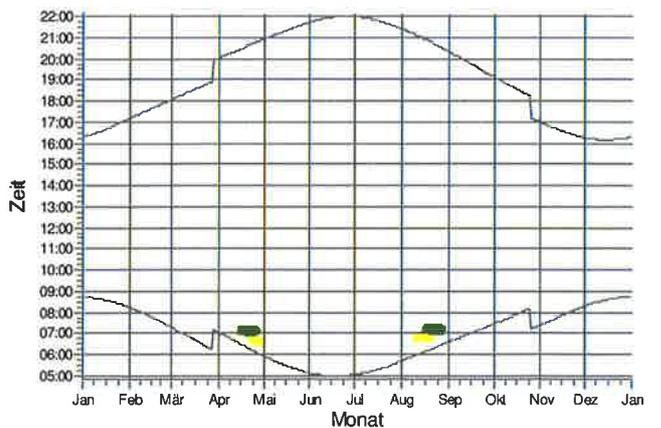
J: Zur Jade 111, Jaderlangstraße



N: Lehmdr Str. 436, Lehmdermoor



O: Lehmdr Str. 472, Lehmdermoor



WEA

WEA 01: WEA 01

WEA 02: WEA 02

SHADOW - Kalender pro WEA

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES) WEA: WEA 01 - WEA 01

Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
1	08:43 15:09-15:28/19 09:37-09:57/20 16:19 11:35-11:57/22	08:14 16:23-16:35/12 17:09	07:17 08:02-08:17/15 18:04	07:03 20:01	05:55 06:39-06:47/8 20:55 20:15-20:26/11	05:07 21:44
2	08:43 15:10-15:29/19 09:38-09:58/20 16:20 11:37-11:57/20	08:12 16:22-16:36/14 17:11	07:15 08:02-08:14/12 18:06	07:01 20:03	05:53 20:14-20:27/13 20:57	05:06 21:45
3	08:42 15:10-15:29/19 09:38-09:59/21 16:21 11:37-11:57/20	08:10 16:21-16:37/16 17:13	07:13 08:05-08:12/7 18:08	06:59 20:05	05:51 20:13-20:27/14 20:59	05:05 21:46
4	08:42 15:11-15:30/19 09:38-09:59/21 16:23 11:39-11:57/18	08:08 16:20-16:37/17 17:15 08:44-08:52/8	07:10 18:10	06:56 20:07	05:49 20:12-20:27/15 21:01	05:05 21:47
5	08:42 15:11-15:31/20 09:39-10:01/22 16:24 11:40-11:57/17	08:07 16:20-16:45/25 17:17 08:43-08:55/12	07:08 18:12	06:54 20:08	05:48 20:12-20:27/15 21:02	05:04 21:49
6	08:42 15:11-15:31/20 09:38-10:01/23 16:25 11:41-11:56/15	08:05 16:21-16:47/26 17:19 08:41-08:57/16	07:06 18:13	06:51 20:10	05:46 20:11-20:27/16 21:04	05:03 21:50
7	08:41 15:11-15:31/20 09:38-10:01/23 16:26 11:43-11:54/11	08:03 16:21-16:49/28 17:21 08:40-08:58/18	07:03 18:15	06:49 20:12	05:44 20:12-20:28/16 21:06	05:03 21:51
8	08:41 15:12-15:33/21 09:39-10:02/23 16:28 11:46-11:54/8	08:01 16:21-16:49/28 17:23 08:40-08:59/19	07:01 18:17	06:47 20:14	05:42 20:12-20:27/15 21:08	05:02 21:51
9	08:40 15:13-15:33/20 16:29 09:39-10:03/24	07:59 16:21-16:50/29 17:25 08:39-08:59/20	06:59 18:19	06:44 20:16	05:40 20:12-20:26/14 21:09	05:01 21:52
10	08:39 15:13-15:33/20 16:31 09:39-10:03/24	07:57 16:22-16:50/28 17:27 08:39-09:00/21	06:56 18:21	06:42 20:17	05:38 20:14-20:26/12 21:11	05:01 21:53
11	08:39 15:13-15:33/20 16:32 09:39-10:04/25	07:56 16:22-16:49/27 17:29 08:39-09:00/21	06:54 18:23	06:40 20:19	05:36 20:14-20:24/10 21:13	05:00 21:54
12	08:38 15:14-15:33/19 16:34 09:39-10:04/25	07:54 16:23-16:49/26 17:31 08:38-08:59/21	06:52 18:25	06:37 20:21	05:35 20:16-20:22/6 21:14	05:00 21:55
13	08:37 15:14-15:33/19 16:35 09:39-10:05/26	07:52 16:25-16:49/24 17:33 08:38-08:59/21	06:49 18:26	06:35 20:23	05:33 21:16	05:00 21:55
14	08:37 15:15-15:33/18 16:37 09:40-10:05/25	07:50 16:34-16:48/14 17:35 08:39-08:59/20	06:47 18:28	06:33 07:04-07:14/10 20:25	05:31 21:18	05:00 21:56
15	08:36 15:16-15:33/17 16:38 09:40-10:06/26	07:48 16:36-16:47/11 17:37 08:40-08:58/18	06:44 18:30	06:30 07:02-07:16/14 20:26	05:30 21:19	04:59 21:57
16	08:35 15:17-15:34/17 16:40 09:40-10:06/26	07:46 16:38-16:46/8 17:39 08:41-08:57/16	06:42 18:32	06:28 07:00-07:18/18 20:28	05:28 21:21	04:59 21:57
17	08:34 15:18-15:33/15 16:42 09:41-10:07/26	07:43 08:42-08:56/14 17:41	06:40 18:34	06:26 07:00-07:18/18 20:30	05:26 21:23	04:59 21:58
18	08:33 15:19-15:33/14 16:43 09:42-10:07/25	07:41 08:44-08:54/10 17:43	06:37 18:36	06:24 06:59-07:19/20 20:32	05:25 21:24	04:59 21:58
19	08:32 15:20-15:32/12 16:45 09:42-10:06/24	07:39 17:11-17:16/5 17:45	06:35 18:38	06:21 06:57-07:18/21 20:34	05:23 21:26	04:59 21:58
20	08:30 15:22-15:31/9 16:47 09:42-10:07/25	07:37 17:09-17:18/9 17:47 08:07-08:13/6	06:32 18:39	06:19 06:57-07:18/21 20:36	05:22 21:27	04:59 21:59
21	08:29 15:26-15:28/2 16:49 09:43-10:07/24	07:35 17:08-17:21/13 17:49 08:04-08:16/12	06:30 18:41	06:17 06:57-07:18/21 20:37 06:41-06:49/8	05:20 21:29	04:59 21:59
22	08:28 09:44-10:06/22 16:51	07:33 17:08-17:22/14 17:50 08:03-08:17/14	06:28 18:43	06:15 06:57-07:18/21 20:39 06:39-06:51/12	05:19 21:30	04:59 21:59
23	08:27 09:45-10:06/21 16:52	07:31 17:07-17:21/14 17:52 08:01-08:17/16	06:25 18:45	06:12 06:58-07:17/19 20:41 06:38-06:52/14	05:18 21:32	05:00 21:59
24	08:25 09:45-10:05/20 16:54	07:28 17:07-17:21/14 17:54 08:01-08:18/17	06:23 18:47	06:10 06:58-07:17/19 20:43 06:37-06:52/15	05:16 21:33	05:00 22:00
25	08:24 09:47-10:05/18 16:56	07:26 17:08-17:21/13 17:56 08:01-08:18/17	06:20 18:48	06:08 06:59-07:15/16 20:45 06:37-06:52/15	05:15 21:35	05:00 22:00
26	08:23 09:48-10:04/16 16:58	07:24 17:07-17:20/13 17:58 08:01-08:19/18	06:18 18:50	06:06 07:00-07:14/14 20:46 06:37-06:52/15	05:14 21:36	05:01 22:00
27	08:21 09:51-10:03/12 17:00	07:22 17:09-17:19/10 18:00 08:00-08:18/18	06:15 18:52	06:04 07:01-07:12/11 20:48 06:37-06:52/15	05:12 21:38	05:01 21:59
28	08:20 09:53-10:00/7 17:02	07:20 17:12-17:16/4 18:02 08:01-08:17/16	06:13 18:54	06:02 07:05-07:09/4 20:50 06:37-06:51/14	05:11 21:39	05:02 21:59
29	08:18 17:04		07:11 19:56	06:00 06:37-06:50/13 20:52	05:10 21:40	05:02 21:59
30	08:17 17:06		07:08 19:58	05:58 06:38-06:49/11 20:53 20:17-20:24/7	05:09 21:42	05:03 21:59
31	08:15 16:25-16:33/8 17:07		07:06 19:59		05:08 21:43	
	Sonnenscheinstunden 252 Anzahl Minuten mit Schatten 1112	274 831	367 34	419 386	491 165	507 0

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

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

SHADOW - Kalender pro WEA

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES) WEA: WEA 01 - WEA 01
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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

	Jul	August	September	Oktober		November	Dezember
1	05:04	05:42 20:25-20:34/9	06:35	07:27	07:24 15:50-16:19/29	08:18	14:55-15:15/20
	21:59	21:24	20:19	19:07	16:57 08:08-08:28/20	16:14	09:21-09:46/25
2	05:04	05:44 20:24-20:35/11	06:37	07:29	07:26 15:50-16:19/29	08:20	14:56-15:16/20
	21:58	21:23	20:17	19:04	16:55 08:09-08:29/20	16:13	09:22-09:46/24
3	05:05	05:46 20:23-20:36/13	06:39	07:31	07:28 15:50-16:18/28	08:21	14:56-15:16/20
	21:58	21:21	20:14	19:02	16:53 08:10-08:28/18	16:13	09:22-09:46/24
4	05:06	05:47 20:22-20:37/15	06:41	07:33	07:30 15:50-16:18/28	08:23	14:56-15:17/21 09:23-09:47/24
	21:57	21:19	20:12	18:59	16:51 08:10-08:27/17	16:12	11:30-11:37/7
5	05:07	05:49 20:22-20:38/16	06:42	07:35	07:32 15:50-16:17/27	08:24	14:56-15:17/21 09:23-09:46/23
	21:57	21:17	20:10	18:57	16:50 08:11-08:26/15	16:11	11:28-11:39/11
6	05:08	05:51 20:21-20:37/16	06:44	07:36	07:34 15:51-16:15/24	08:25	14:57-15:17/20 09:24-09:47/23
	21:56	21:15	20:07	18:55	16:48 08:13-08:25/12	16:11	11:28-11:42/14
7	05:08	05:52 20:22-20:38/16	06:46	07:38	07:36 15:51-16:08/17	08:27	14:57-15:17/20 09:25-09:47/22
	21:56	21:13	20:05	18:52	16:46 08:15-08:22/7	16:10	11:27-11:43/16
8	05:09	05:54 20:21-20:37/16	06:47	07:40	07:38 15:52-16:07/15	08:28	14:59-15:18/19 09:26-09:47/21
	21:55	21:11	20:02	18:50	16:44	16:10	11:27-11:45/18
9	05:10	05:56 20:22-20:37/15	06:49	07:42	07:40 15:53-16:06/13	08:29	14:59-15:18/19 09:26-09:47/21
	21:54	21:09	20:00	18:48	16:42	16:10	11:26-11:46/20
10	05:12	05:57 20:21-20:36/15	06:51	07:43	07:41 15:54-16:05/11	08:30	14:59-15:18/19 09:27-09:47/20
	21:53	21:07	19:58	18:45	16:41	16:09	11:26-11:46/20
11	05:13	05:59 06:50-06:54/4	06:53	07:45 08:38-08:47/9	07:43 15:56-16:03/7	08:32	15:00-15:19/19 09:28-09:47/19
	21:53	21:05 20:22-20:35/13	19:55	18:43	16:39	16:09	11:25-11:47/22
12	05:14	06:01 06:47-06:56/9	06:54	07:47 08:36-08:49/13	07:45	08:33	15:00-15:19/19 09:29-09:48/19
	21:52	21:03 20:24-20:34/10	19:53	18:41	16:37	16:09	11:25-11:48/23
13	05:15	06:03 06:45-06:57/12	06:56	07:49 08:34-08:50/16	07:47	08:34	15:01-15:20/19 09:30-09:48/18
	21:51	21:01 20:25-20:32/7	19:50	18:38	16:36	16:09	11:26-11:50/24
14	05:16	06:04 06:45-06:58/13	06:58	07:51 17:42-17:50/8	07:49 09:25-09:32/7	08:35	15:02-15:20/18 09:31-09:48/17
	21:50	20:59	19:48	18:36 08:34-08:51/17	16:34	16:09	11:27-11:50/23
15	05:17	06:06 07:11-07:17/6	07:00	07:53 17:40-17:51/11	07:51 09:22-09:35/13	08:36	15:02-15:20/18 09:31-09:49/18
	21:49	20:57 06:44-06:59/15	19:45	18:34 08:32-08:50/18	16:33	16:09	11:27-11:51/24
16	05:19	06:08 07:08-07:19/11	07:01	07:54 17:39-17:52/13	07:53 09:21-09:37/16	08:37	15:02-15:20/18 09:31-09:48/17
	21:48	20:55 06:43-06:58/15	19:43	18:31 08:32-08:50/18	16:31	16:09	11:26-11:51/25
17	05:20	06:09 07:06-07:21/15	07:03	07:56 17:39-17:53/14	07:54 09:20-09:38/18	08:37	15:03-15:21/18 09:32-09:48/16
	21:46	20:53 06:43-06:59/16	19:41	18:29 08:32-08:50/18	16:30	16:09	11:27-11:52/25
18	05:21	06:11 07:04-07:21/17	07:05	07:58 17:38-17:53/15	07:56 09:19-09:39/20	08:38	15:04-15:21/17 09:33-09:49/16
	21:45	20:51 06:43-06:58/15	19:38	18:27 08:32-08:49/17	16:28	16:09	11:27-11:53/26
19	05:23	06:13 07:04-07:22/18	07:06	08:00 17:38-17:53/15	07:58 09:19-09:40/21	08:39	15:05-15:22/17 09:34-09:49/15
	21:44	20:49 06:43-06:58/15	19:36	18:25 08:33-08:48/15	16:27	16:10	11:28-11:54/26
20	05:24	06:15 07:03-07:23/20	07:08	08:02 17:38-17:52/14	08:00 09:19-09:41/22	08:39	15:05-15:22/17 09:34-09:49/15
	21:43	20:46 06:44-06:57/13	19:33	18:22 08:34-08:47/13	16:26	16:10	11:28-11:54/26
21	05:25	06:16 07:02-07:23/21	07:10	08:04 17:39-17:50/11	08:02 15:02-15:03/1	08:40	15:06-15:23/17 09:35-09:50/15
	21:41	20:44 06:44-06:55/11	19:31	18:20 08:35-08:45/10	16:24 09:18-09:42/24	16:10	11:28-11:54/26
22	05:27	06:18 07:02-07:23/21	07:12	08:06 17:40-17:48/8	08:03 14:58-15:07/9	08:41	15:06-15:23/17 09:35-09:50/15
	21:40	20:42 06:46-06:53/7	19:28	18:18 08:39-08:42/3	16:23 09:18-09:43/25	16:11	11:28-11:54/26
23	05:28	06:20 07:02-07:23/21	07:13	08:07 17:43-17:46/3	08:05 14:57-15:09/12	08:41	15:07-15:24/17 09:36-09:51/15
	21:39	20:40	19:26	18:16 09:16-09:21/5	16:22 09:19-09:43/24	16:11	11:30-11:55/25
24	05:30	06:21 07:01-07:22/21	07:15	08:09 09:13-09:24/11	08:07 14:56-15:10/14	08:42	15:07-15:24/17 09:36-09:51/15
	21:37	20:38	19:24	18:14	16:21 09:19-09:44/25	16:12	11:30-11:56/26
25	05:31	06:23 07:02-07:22/20	07:17	08:11 08:11-08:26/15	08:09 14:56-15:11/15	08:42	15:07-15:24/17 09:36-09:52/16
	21:36	20:35	19:21	17:12	16:20 09:19-09:45/26	16:13	11:30-11:56/26
26	05:33	06:25 07:02-07:21/19	07:19	07:13 16:07-16:16/9	08:10 14:56-15:13/17	08:42	15:07-15:25/18 09:37-09:53/16
	21:34	20:33	19:19	17:09 08:10-08:27/17	16:19 09:20-09:45/25	16:13	11:30-11:56/26
27	05:34	06:27 07:02-07:19/17	07:20	07:15 16:05-16:17/12	08:12 14:55-15:13/18	08:42	15:08-15:26/18 09:37-09:54/17
	21:33	20:31	19:16	17:07 08:09-08:28/19	16:18 09:19-09:45/26	16:14	11:32-11:57/25
28	05:36	06:28 07:04-07:18/14	07:22	07:17 16:04-16:18/14 08:08-08:28/20	08:14 14:55-15:13/18	08:43	15:09-15:26/17 09:37-09:54/17
	21:31	20:28	19:14	17:05 15:58-16:00/2	16:17 09:20-09:45/25	16:15	11:32-11:57/25
29	05:38	06:30 07:05-07:15/10	07:24	07:19 15:54-16:19/25	08:15 14:55-15:14/19	08:43	15:09-15:27/18 09:37-09:55/18
	21:29	20:26	19:11	17:03 08:08-08:28/20	16:16 09:20-09:46/26	16:16	11:33-11:57/24
30	05:39	06:32	07:26	07:21 15:52-16:19/27	08:17 14:56-15:15/19	08:43	15:09-15:28/19 09:38-09:56/18
	21:28	20:24	19:09	17:01 08:08-08:29/21	16:15 09:21-09:46/25	16:17	11:34-11:58/24
31	05:41 20:29-20:31/2	06:34		07:22 15:51-16:19/28		08:43	15:09-15:27/18 09:37-09:56/19
	21:26	20:21		16:59 08:08-08:28/20		16:18	11:34-11:57/23
	Sonnenscheinstunden	509	458	382	329	261	236
	Anzahl Minuten mit Schatten	2	568	0	544	847	1776

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

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

SHADOW - Kalender pro WEA

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES) WEA: WEA 02 - WEA 02

Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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

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

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	
1	08:43 13:59-14:32/33 16:19 09:45-10:06/21	08:14 16:06-16:12/6 17:09	07:17 17:14-17:28/14 18:04 08:07-08:24/17	07:03 20:01 07:15 17:13-17:30/17	05:55 06:34-06:45/11 20:55	05:07 21:44	
2	08:43 14:00-14:33/33 16:20 09:45-10:07/22	08:12 16:02-16:16/14 17:11	07:15 17:13-17:30/17 18:06 08:07-08:21/14	07:01 20:03 07:13 17:12-17:31/19	05:53 06:35-06:43/8 20:57	05:06 21:45	
3	08:42 14:00-14:32/32 16:21 09:46-10:08/22	08:10 16:00-16:18/18 17:13	07:13 17:12-17:31/19 18:08 08:10-08:20/10	06:59 20:05 07:10 17:10-17:31/21	05:51 20:59 05:49	05:05 21:46 05:05	
4	08:42 14:01-14:33/32 16:23 09:45-10:08/23	08:08 15:59-16:20/21 17:15	07:10 17:10-17:31/21 18:10	06:56 20:07 07:08 17:10-17:31/21	05:49 21:01 05:47	05:05 21:47 05:04	
5	08:42 14:02-14:34/32 16:24 09:46-10:10/24	08:07 15:58-16:21/23 17:17 09:01-09:12/11	07:08 17:10-17:31/21 18:12 07:34-07:40/6	06:54 20:08 07:06 17:10-17:31/21	05:47 21:02 05:46	05:04 21:49 05:03	
6	08:42 14:02-14:34/32 16:25 09:46-10:10/24	08:05 15:58-16:23/25 17:19 08:58-09:14/16	07:06 17:10-17:31/21 18:13 07:32-07:43/11	06:51 20:10 07:03 17:09-17:31/22	05:46 21:04 05:44	05:03 21:50 05:02	
7	08:41 14:02-14:34/32 16:26 09:45-10:10/25	08:03 15:57-16:24/27 17:21 08:57-09:16/19	07:03 17:09-17:31/22 18:15 07:29-07:43/14	06:49 20:12 07:01 17:10-17:30/20	05:44 21:06 05:42	05:02 21:51 05:02	
8	08:41 14:03-14:35/32 16:28 09:46-10:12/26	08:01 16:29-16:35/6 08:55-09:18/23 17:23 15:56-16:25/29	07:01 17:10-17:30/20 18:17 07:29-07:44/15	06:47 20:14 06:59 17:10-17:29/19	05:42 21:08 05:40	05:02 21:51 05:01	
9	08:40 14:04-14:34/30 16:29 09:46-10:12/26	07:59 15:56-16:39/43 17:25 08:54-09:19/25	06:59 17:10-17:29/19 18:19 07:28-07:43/15	06:44 20:16 06:56 17:11-17:28/17	05:40 21:09 05:38	05:01 21:52 05:01	
10	08:39 14:04-14:34/30 16:31 09:46-10:13/27	07:57 15:55-16:41/46 17:27 08:53-09:20/27	06:56 17:11-17:28/17 18:21 07:28-07:44/16	06:42 20:17 06:54 17:12-17:27/15	05:38 21:11 05:36	05:01 21:53 05:00	
11	08:39 14:05-14:34/29 16:32 09:46-10:13/27	07:56 15:54-16:41/47 17:29 08:53-09:21/28	06:54 17:12-17:27/15 18:23 07:28-07:44/16	06:40 20:19 06:52 17:14-17:24/10	05:36 21:13 05:35	05:00 21:54 05:00	
12	08:38 14:06-14:34/28 16:34 09:46-10:14/28	07:54 15:54-16:42/48 17:31 08:51-09:21/30	06:52 17:14-17:24/10 18:25 07:28-07:42/14	06:37 20:21 06:49 07:29-07:41/12	05:35 21:14 05:33	05:00 21:55 05:00	
13	08:37 14:06-14:34/28 16:35 09:46-10:14/28	07:52 15:54-16:43/49 17:33 08:51-09:21/30	06:52 17:14-17:24/10 18:26 20:23	06:35 20:23 06:47 07:30-07:39/9	05:33 21:16 05:31	05:00 21:55 04:59	
14	08:36 14:07-14:34/27 16:37 09:46-10:15/29	07:50 15:55-16:44/49 17:35 08:51-09:22/31	06:47 07:30-07:39/9 18:28 07:10-07:17/7	06:33 20:25 06:44 07:08-07:19/11	05:31 21:18 05:29	04:59 21:56 04:59	
15	08:36 14:08-14:34/26 16:38 09:46-10:16/30	07:48 15:55-16:45/50 17:37 08:50-09:22/32	06:44 07:08-07:19/11 18:30 20:26	06:30 20:26 06:42 07:06-07:20/14	05:29 21:19 05:28	04:59 21:57 04:59	
16	08:35 14:10-14:34/24 16:40 09:47-10:16/29	07:46 15:55-16:45/50 17:39 08:51-09:22/31	06:42 07:06-07:20/14 18:32 20:28	06:28 20:28 06:40 07:05-07:19/14	05:28 21:21 05:26	04:59 21:57 04:59	
17	08:34 14:11-14:33/22 16:42 09:47-10:17/30	07:43 15:56-16:45/49 17:41 08:51-09:22/31	06:40 07:05-07:19/14 18:34 20:30	06:26 20:30 06:37 07:05-07:19/14	05:26 21:23 05:25	04:59 21:58 04:59	
18	08:33 14:13-14:33/20 16:43 09:48-10:17/29	07:41 15:57-16:46/49 17:43 08:51-09:22/31	06:37 07:05-07:19/14 18:36 20:32	06:24 20:32 06:35 07:05-07:18/13	05:25 21:24 05:23	04:59 21:58 04:59	
19	08:32 14:14-14:31/17 16:45 09:47-10:17/30	07:39 15:57-16:45/48 08:12-08:20/8 17:45 08:51-09:21/30	06:35 07:05-07:18/13 18:38 20:34	06:21 20:34 06:32 07:06-07:17/11	05:23 21:26 05:22	04:59 21:58 04:59	
20	08:30 14:16-14:30/14 16:47 09:48-10:17/29	07:37 15:58-16:44/46 08:09-08:22/13 17:47 08:51-09:21/30	06:32 07:06-07:17/11 18:39 20:35	06:19 20:35 06:30 07:07-07:15/8	05:22 21:27 05:20	04:59 21:59 04:59	
21	08:29 14:19-14:28/9 16:49 09:49-10:18/29	07:35 16:00-16:44/44 08:08-08:24/16 17:49 08:52-09:20/28	06:30 07:07-07:15/8 18:41 20:37	06:17 20:37 06:28 06:39-06:43/4	05:20 21:29 05:19	04:59 21:59 04:59	
22	08:28 09:49-10:17/28 16:51	07:33 16:20-16:43/23 08:53-09:19/26 17:50 16:02-16:19/12 08:07-08:25/18	06:28 18:43 06:25 18:45	06:15 06:39-06:43/4 20:39	05:19 21:30 05:17	04:59 21:59 05:00	
23	08:27 09:50-10:18/28 16:52	07:31 16:21-16:42/21 08:53-09:17/24 17:52 16:05-16:15/10 08:06-08:25/19	06:25 18:45 06:23 18:47	06:12 06:37-06:45/8 20:41	05:17 21:32 05:16	05:00 21:59 05:00	
24	08:25 09:50-10:17/27 16:54	07:28 16:22-16:40/18 08:06-08:25/19 17:54 08:55-09:16/21	06:23 18:47 06:20 18:48	06:10 06:35-06:46/11 20:44	05:16 21:33 05:15	05:00 22:00 05:00	
25	08:24 09:51-10:18/27 16:56	07:26 16:24-16:39/15 08:06-08:26/20 17:56 08:57-09:14/17	06:20 18:48 06:18 18:50	06:08 06:34-06:47/13 20:44	05:15 21:35 05:14	05:00 22:00 05:01	
26	08:23 09:52-10:17/25 16:58	07:24 16:27-16:35/8 08:06-08:26/20 17:58 08:59-09:10/11	06:18 18:50 06:15 18:52	06:06 06:33-06:47/14 20:46	05:14 21:36 05:12	05:01 22:00 05:01	
27	08:21 09:53-10:17/24 17:00	07:22 08:05-08:25/20 18:00	06:15 18:52 06:13 18:54	06:04 06:33-06:47/14 20:48	05:12 21:38 05:11	05:01 21:59 05:02	
28	08:20 09:54-10:16/22 17:02	07:19 17:17-17:27/10 18:02 08:06-08:24/18	06:13 18:54 07:11 19:56	06:02 06:33-06:47/14 20:50	05:11 21:39 05:10	05:02 21:59 05:02	
29	08:18 09:55-10:14/19 17:04		07:11 19:56 07:08 19:58	06:00 06:33-06:47/14 20:52	05:10 21:40 05:09	05:02 21:59 05:03	
30	08:17 09:58-10:14/16 17:05		07:08 19:58 07:06 19:59	05:57 06:33-06:46/13 20:53	05:09 21:42 05:08	05:03 21:59 05:03	
31	08:15 10:00-10:11/11 17:07		07:06 19:59		05:08 21:43	05:03 0	
	Sonnenscheinstunden Anzahl Minuten mit Schatten	252 1347	274 1632	367 477	419 105	491 19	507 0

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

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

Projekt:

Delfshausen

Uzenerter Anwender:

Ingenieurbüro PLANKON

Blumenstrasse 26

DE-26121 Oldenburg

0441 390 34 - 0

Roman Wagner vom Berg / mail@plankon.de

Berechnet:

02.02.2018 19:11/3.1.617

SHADOW - Kalender pro WEA

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES) WEA: WEA 02 - WEA 02

Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

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

Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang

Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinfallrichtung

Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

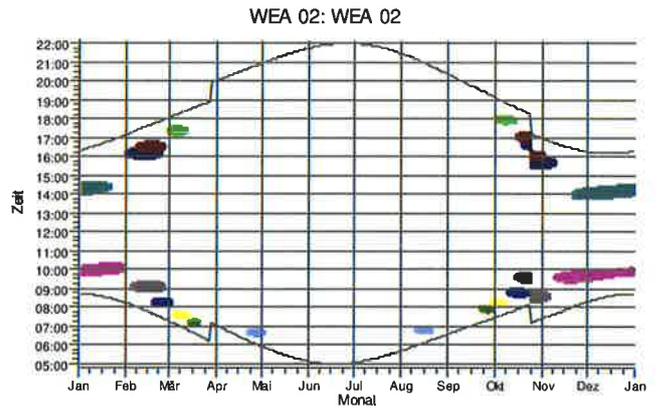
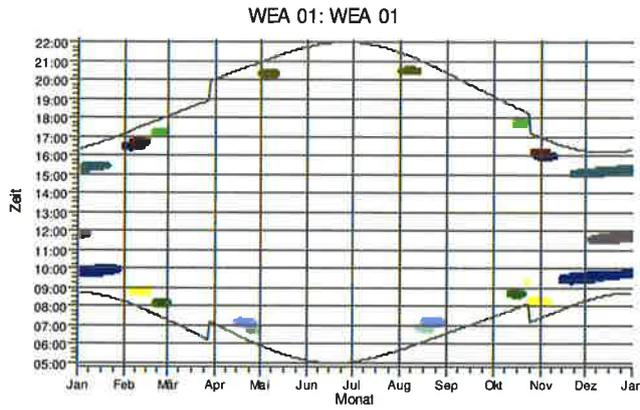
	Jul	August	September	Oktober	November	Dezember
1	05:03	05:42	06:35	07:27 17:54-18:02/8	07:24 15:24-16:09/45	08:18 13:47-14:16/29
	21:59	21:24	20:19	19:07 08:07-08:21/14	16:57 08:22-08:49/27	16:14 09:28-09:55/27
2	05:04	05:44	06:37	07:29 17:51-18:04/13	07:26 15:24-16:07/43	08:20 13:47-14:17/30
	21:58	21:23	20:17	19:04 08:06-08:21/15	16:55 08:23-08:48/25	16:13 09:29-09:56/27
3	05:05	05:46	06:39	07:31 17:49-18:06/17	07:28 15:58-16:03/5 08:25-08:47/22	08:21 13:47-14:18/31
	21:58	21:21	20:14	19:02 08:06-08:22/16	16:53 15:25-15:53/28	16:13 09:29-09:55/26
4	05:06	05:47	06:41	07:33 17:48-18:07/19	07:30 15:27-15:53/26	08:23 13:48-14:19/31
	21:57	21:19	20:12	18:59 08:06-08:22/16	16:51 08:27-08:46/19	16:12 09:30-09:56/26
5	05:07	05:49	06:42	07:34 17:47-18:07/20	07:32 15:27-15:53/26	08:24 13:47-14:19/32
	21:57	21:17	20:10	18:57 08:06-08:21/15	16:50 08:28-08:44/16	16:11 09:30-09:55/25
6	05:07	05:51	06:44	07:36 17:46-18:07/21	07:34 15:28-15:51/23	08:25 13:48-14:20/32
	21:56	21:15	20:07	18:55 08:06-08:20/14	16:48 08:31-08:41/10	16:11 09:32-09:56/24
7	05:08	05:52	06:46	07:38 17:45-18:07/22	07:36 15:30-15:50/20	08:27 13:48-14:20/32
	21:56	21:13	20:05	18:52 08:06-08:18/12	16:46	16:10 09:32-09:56/24
8	05:09	05:54	06:47	07:40 17:45-18:06/21	07:38 15:31-15:49/18	08:28 13:49-14:21/32
	21:55	21:11	20:02	18:50 08:07-08:17/10	16:44	16:10 09:33-09:56/23
9	05:10	05:56	06:49	07:42 17:45-18:06/21	07:40 15:34-15:46/12	08:29 13:49-14:21/32
	21:54	21:09	20:00	18:47	16:42	16:10 09:34-09:56/22
10	05:11	05:57 06:47-06:50/3	06:51	07:43 17:46-18:05/19	07:41 15:37-15:43/6	08:30 13:49-14:22/33
	21:53	21:07	19:58	18:45 08:46-08:52/6	16:41 09:35-09:38/3	16:09 09:34-09:56/22
11	05:13	05:59 06:43-06:52/9	06:53	07:45 17:46-18:04/18	07:43 09:31-09:42/11	08:31 13:49-14:22/33
	21:53	21:05	19:55	18:43 08:43-08:55/12	16:39	16:09 09:35-09:56/21
12	05:14	06:01 06:42-06:53/11	06:54	07:47 17:47-18:03/16	07:45 09:28-09:45/17	08:33 13:49-14:22/33
	21:52	21:03	19:53	18:40 08:41-08:56/15	16:37	16:09 09:36-09:56/20
13	05:15	06:02 06:41-06:53/12	06:56	07:49 17:48-18:00/12	07:47 09:27-09:46/19	08:34 13:51-14:24/33
	21:51	21:01	19:50	18:36 08:40-08:57/17	16:36	16:09 09:37-09:57/20
14	05:16	06:04 06:40-06:54/14	06:58	07:51 17:50-17:57/7	07:49 09:26-09:48/22	08:35 13:51-14:24/33
	21:50	20:39	19:48	18:36 08:39-08:58/19	16:34	16:09 09:38-09:57/19
15	05:17	06:06 06:40-06:55/15	07:00	07:53 09:35-09:39/4	07:51 09:25-09:49/24	08:36 13:51-14:24/33
	21:49	20:57	19:45	18:34 08:37-08:57/20	16:33	16:09 09:39-09:57/18
16	05:19	06:08 06:39-06:54/15	07:01	07:54 16:57-17:08/11 08:37-08:57/20	07:53 09:25-09:50/25	08:36 13:51-14:24/33
	21:48	20:55	19:43	18:31 09:30-09:44/14	16:31	16:09 09:39-09:56/17
17	05:20	06:09 06:40-06:54/14	07:03	07:56 16:59-17:11/16 08:37-08:57/20	07:54 09:24-09:51/27	08:37 13:52-14:25/33
	21:46	20:53	19:41	18:29 09:27-09:46/19	16:30	16:09 09:40-09:57/17
18	05:21	06:11 06:39-06:53/14	07:05	07:58 16:53-17:12/19 08:37-08:57/20	07:56 09:24-09:51/27	08:38 13:53-14:26/33
	21:45	20:51	19:38	18:27 09:25-09:48/23	16:28	16:09 09:41-09:57/16
19	05:23	06:13 06:41-06:52/11	07:06	08:00 16:51-17:13/22 09:24-09:49/25	07:58 09:24-09:52/28	08:39 13:53-14:26/33
	21:44	20:49	19:36	18:25 16:35-16:47/12 08:37-08:56/19	16:27	16:10 09:42-09:58/16
20	05:24	06:15 06:43-06:51/8	07:08	08:02 16:32-17:14/42 08:38-08:55/17	08:00 09:24-09:52/28	08:39 13:53-14:26/33
	21:43	20:46	19:33	18:22 09:23-09:50/27	16:26	16:10 09:42-09:58/16
21	05:25	06:16 06:44-06:47/3	07:10	08:04 16:30-17:14/44 08:39-08:54/15	08:02 13:54-14:03/9	08:40 13:54-14:27/33
	21:41	20:44	19:31	18:20 09:22-09:51/29	16:24 09:24-09:53/29	16:10 09:43-09:59/16
22	05:27	06:18	07:12 07:53-08:00/7	08:05 16:28-17:15/47 08:40-08:52/12	08:03 13:52-14:06/14	08:41 13:54-14:27/33
	21:40	20:42	19:28	18:18 09:21-09:51/30	16:23 09:24-09:54/30	16:11 09:43-09:59/16
23	05:28	06:20	07:13 07:50-08:00/10	08:07 16:27-17:15/48 08:43-08:49/6	08:05 13:51-14:08/17	08:41 13:55-14:28/33
	21:39	20:40	19:26	18:16 09:21-09:52/31	16:22 09:24-09:54/30	16:11 09:44-10:00/16
24	05:30	06:21	07:15 07:49-08:01/12	08:09 16:26-17:15/49	08:07 13:50-14:10/20	08:42 13:55-14:28/33
	21:37	20:38	19:24	18:14 09:20-09:52/32	16:21 09:25-09:54/29	16:12 09:44-10:00/16
25	05:31	06:23	07:17 07:48-08:02/14	07:11 15:25-16:15/50	08:09 13:49-14:11/22	08:42 13:55-14:29/34
	21:36	20:35	19:21	17:12 08:20-08:52/32	16:20 09:25-09:55/30	16:13 09:44-10:00/16
26	05:33	06:25	07:19 07:48-08:02/14	07:13 15:25-16:14/49	08:10 13:49-14:13/24	08:42 13:56-14:29/33
	21:34	20:33	19:19	17:09 08:20-08:52/32	16:19 09:26-09:55/29	16:13 09:44-10:01/17
27	05:34	06:27	07:20 07:47-08:00/13	07:15 15:24-16:14/50	08:12 13:48-14:13/25	08:42 13:57-14:30/33
	21:33	20:31	19:16	17:07 08:20-08:52/32	16:18 09:25-09:55/30	16:14 09:45-10:02/17
28	05:36	06:28	07:22 07:48-08:00/12	07:17 15:24-16:13/49	08:14 13:47-14:14/27	08:43 13:57-14:30/33
	21:31	20:28	19:14	17:05 08:20-08:51/31	16:17 09:26-09:55/29	16:15 09:45-10:03/18
29	05:38	06:30	07:24 08:12-08:18/6	07:19 15:24-16:13/49	08:15 13:48-14:15/27	08:43 13:58-14:31/33
	21:29	20:26	19:11 07:50-07:58/8	17:03 08:20-08:51/31	16:16 09:27-09:56/29	16:16 09:45-10:04/19
30	05:39	06:32	07:26 08:09-08:21/12	07:21 15:24-16:12/48	08:17 13:48-14:16/28	08:43 13:59-14:31/32
	21:28	20:24	19:09 07:52-07:56/4	17:01 08:21-08:50/29	16:15 09:28-09:56/28	16:17 09:45-10:05/20
31	05:41	06:34		07:22 15:24-16:10/46		08:43 13:58-14:31/33
	21:26	20:21		16:59 08:21-08:50/29		16:18 09:45-10:04/19
Sonnenscheinstunden	509	458	382	329	261	236
Anzahl Minuten mit Schatten	0	129	112	1665	1108	1623

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

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

SHADOW - Grafischer Kalender pro WEA

Berechnung: Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES)



Schattenrezeptoren

- A: Harms Weg 18, Jaderkreuzmoor
- B: Lehmdr Str. 6, Jaderkreuzmoor
- C: Lehmdr Str. 4, Jaderkreuzmoor
- D: Lehmdr Str. 3, Jaderkreuzmoor
- E: Lehmdr Str. 1, Jaderkreuzmoor
- F: Kreuzmoorstr. 42, Jaderkreuzmoor

- G: Kreuzmoorstr. 44, Jaderkreuzmoor
- H: Kreuzmoorstr. 48, Jaderkreuzmoor
- I: Kreuzmoorstr. 50, Jaderkreuzmoor
- J: Zur Jade 111, Jaderlangstraße
- N: Lehmdr Str. 436, Lehmdermoer
- O: Lehmdr Str. 472, Lehmdermoer

Projekt:
Delfshausen



Stunden/Jahr,
Astron. max. mögl.

- 200
- 100
- 50
- 30
- 10
- 0

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

30 - 198

**SHADOW -
Karte**

Berechnung:
Gesamtbelastung: 2 gepl. WEA Enercon E-82 E2 (TES)

Lizenzierter Anwender:
Ingenieurbüro PLANKON
Blumenstrasse 26
DE-26121 Oldenburg
0441.390 34 - 0
Roman Wagner vom Berg / mail@plankon.de
Berechnet:
02.02.2018 19:11/3.1.617

Karte: AK5 LGLN Rastede , Maßstab 1:15.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 32 Ost: 449.487 Nord: 5.906.273
Schattenrezeptor

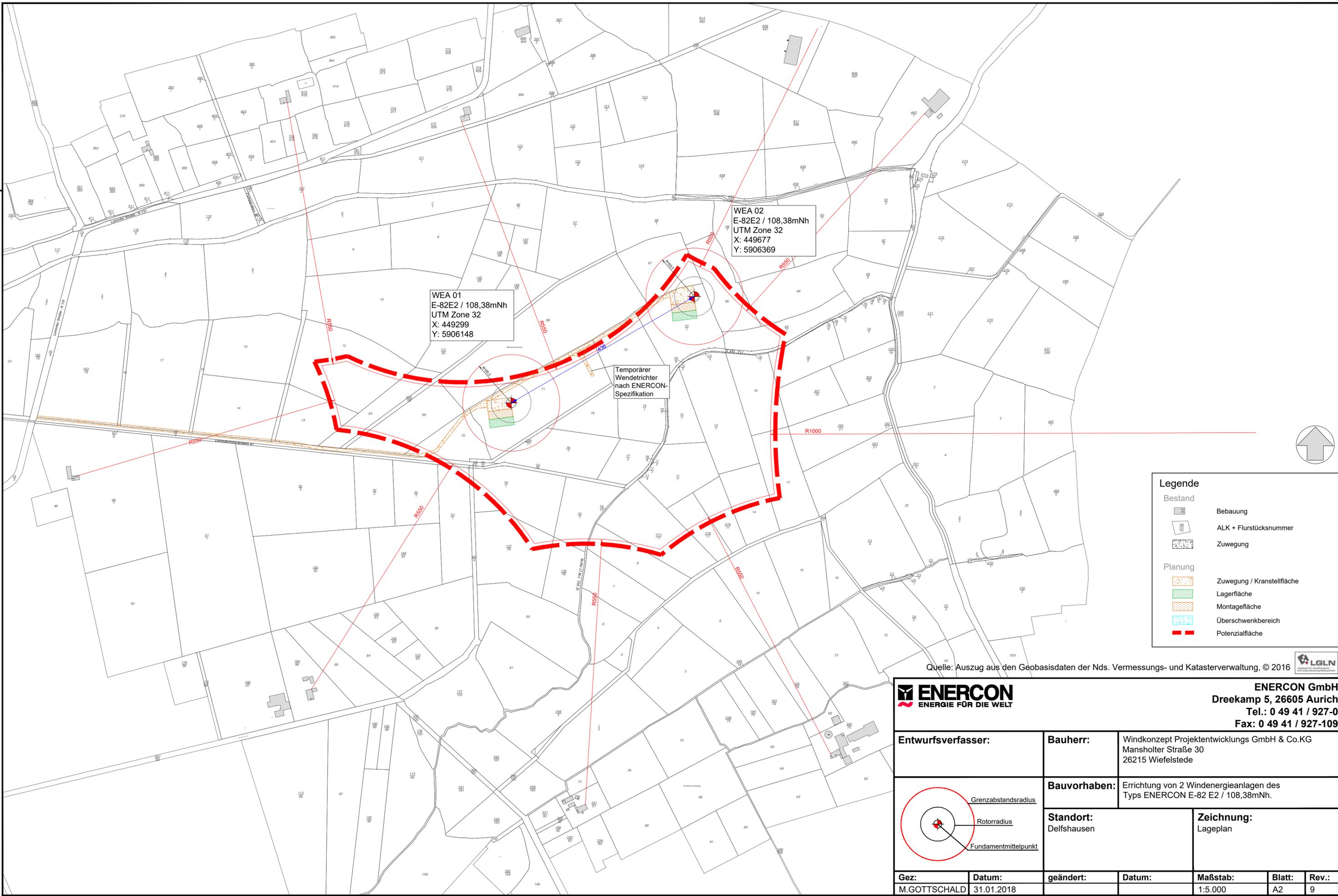
Neue WEA
Höhe der Schattenkarte: Höhenlinien: Orographie Delfshausen bearb. wpo (6)

Station OLDENBURG

Breite 53 Grad 6 Min. N
 Laenge 8 Grad 15 Min. E
 Hoehe 5 m ueber NN
 Zahl der verwendeten Jahre: 28

	LUFTEMperatur				FEUCHE			NIEDERSCHLAG			SONNE mittl. Sonnen- schein- dauer (Stunden)	WOLKEN mittlere Bewoelkung (Prozent)
	mittl. Tages- mittel	mittl. taegl. Max.	mittl. taegl. Min.	abs. taegl. Max.	abs. taegl. Min.	mittl. Dampf- druck (hPa)	mittl. relat. Feuchte (Prozent)	mittl. Nieder- schlags- Hoehe (mm)	mittlere Zahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 1 mm	10 mm		
Jan.	.7	2.9	-1.9	13.0	-20.5	6.0	87	66.1	13	1		81
Feb.	1.1	3.9	-1.8	16.8	-18.5	5.8	84	41.3	10	1		77
Mrz.	3.8	7.5	.5	23.7	-19.7	6.6	80	55.7	12	1		74
Apr.	7.5	12.2	3.1	29.4	-6.8	7.9	76	48.5	11	1		68
Mai	12.2	17.0	7.2	31.0	-2.2	10.5	74	65.0	11	2		68
Juni	15.3	20.2	10.3	32.8	1.0	13.2	75	74.5	12	2		68
Juli	16.6	21.3	12.0	35.0	3.7	15.0	78	74.3	11	2		69
Aug.	16.4	21.5	11.8	34.3	3.1	14.8	79	68.8	11	2		64
Sep.	13.5	18.4	9.4	28.4	-2	13.0	83	58.1	10	1		66
Okt.	9.6	13.5	6.2	25.2	-3.8	10.5	85	61.0	11	2		72
Nov.	5.2	7.8	2.5	19.0	-11.7	8.0	87	67.4	13	2		80
Dez.	2.1	4.2	-3	15.0	-17.0	6.6	88	69.3	13	2		82
Jahr	8.7	12.5	4.9	35.0	-20.5	9.8	81	749.9	138	18		72





WEA 01
E-82E2 / 108,38mNh
UTM Zone 32
X: 449299
Y: 5906148

WEA 02
E-82E2 / 108,38mNh
UTM Zone 32
X: 449677
Y: 5906369

Temporärer
Wendetrichter
nach ENERCON-
Spezifikation

Legende

Bestand	
	Bebauung
	ALK + Flurstücksnummer
	Zuwegung
Planung	
	Zuwegung / Kranstellfläche
	Lagerfläche
	Montagefläche
	Überschwenkbereich
	Potenzialfläche

Quelle: Auszug aus den Geobasisdaten der Nds. Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2016



ENERCON GmbH
Dreerkamp 5, 26605 Aurich
Tel.: 0 49 41 / 927-0
Fax: 0 49 41 / 927-109

Entwurfsverfasser:	Bauherr:	Windkonzept Projektentwicklungs GmbH & Co.KG Mansholter Straße 30 26215 Wiefelstede
<p>Grenzabstandsradius Rotorradius Fundamentmittelpunkt</p>	Bauvorhaben:	Erichtung von 2 Windenergieanlagen des Typs ENERCON E-82 E2 / 108,38mNh.
	Standort:	Delfshausen
Zeichnung:		Lageplan

Gez:	Datum:	geändert:	Datum:	Maßstab:	Blatt:	Rev.:
M.GOTTSCHALD	31.01.2018			1:5.000	A2	9

Kurzbeschreibung

Einleitung

Es ist geplant in der Gemeinde Rastede im Landkreis Ammerland 2 Windenergieanlagen der Firma ENERCON vom Typ E-82 E2 mit einer Nabenhöhe von 108,38 m zu errichten. Die Anlagen haben eine Nennleistung von je 2.300 kW und werden getriebeelos mit einem Dreiblattrotor betrieben. Die Gesamthöhe beträgt 149,38m.

Die Baugrundstücke sind die Flurstücke 71, 73/1 Flur 15 der Gemarkung Rastede in 26180 Rastede.

Da die geplanten Windenergieanlagen eine Gesamthöhe größer als 50m haben werden, ist ein Genehmigungsverfahren nach dem BImSchG durchzuführen.

Erschließung

Die Anbindung des Windparks erfolgt von der K 131. Von dort aus folgt die Zuwegung über bestehende Wirtschaftswege, die entsprechend der ENERCON-Spezifikation ausgebaut bzw. verlängert werden.

Innerhalb des Windparks werden die Erschließungswege zur Schonung der landwirtschaftlichen Nutzung soweit wie möglich am Parzellenrand und auf bestehenden Wegen geführt.

Der genaue Verlauf der Zuwegung ist den beigefügten Lageplänen zu entnehmen. Die Baugrunduntersuchung empfiehlt eine Pfahlgründung.

Brandschutz

Für die ENERCON Windenergieanlagen wurde ein ausführliches Sicherheitskonzept erarbeitet, das dem BImSchG-Antrag beiliegt.

Des Weiteren können die Windenergieanlagen von der Feuerwehr über die ausgebauten Erschließungswege erreicht werden.

Schallemission

In Bezug auf die Schallimmission werden die zulässigen Werte gemäß TA-Lärm zugrunde gelegt.

Nutzung	nachts
Allgemeines Wohngebiet	40 dB(A)
Dorf- und Mischgebiet	45 dB(A)
Gewerbegebiet	50 dB(A)

Diese Immissionswerte sind an den nächstgelegenen Immissionspunkten zu unterschreiten.

Als Nachweis, dass die Richtwerte gemäß TA-Lärm eingehalten werden, wurde ein Gutachten bezüglich der Schallimmission erstellt und ist ebenfalls dem BImSchG-Antrag zu entnehmen.

Schattenwurf

Ein einheitliches Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Rotorschattenwurfdauer sowie ein Beurteilungsrahmen sind bisher nicht rechtlich verbindlich festgelegt worden. Normen und Richtlinien sowie Orientierungswerte fehlen.

Der Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) empfiehlt einen Richtwert von maximal 30 Stunden pro Jahr bzw. 30 Minuten pro Tag in Bezug auf die astronomisch mögliche Schattenwurfdauer.

Als Nachweis bezüglich des Schattenwurfs wurde ebenfalls ein Gutachten erstellt, welches dem besagten BImSchG-Antrag zu entnehmen ist.

Naturschutz

Die Unterlagen zur Beurteilung des Eingriffes in Natur und Landschaft sowie zum Bodenschutz sind im Landschaftspflegerischen Begleitplan erfasst und erforderliche Ausgleichsmaßnahmen sind ebenfalls im BImSchG-Antrag beigefügt.

UVP

Die Unterlagen zur standortbezogenen Prüfung der Umweltverträglichkeit der geplanten Windenergieanlagen sind bereits im Rahmen des BImSchG-Antrages beantragt.

Signaturtechnisches Gutachten
zur Planung von Windenergieanlagen im
Bereich Delfshausen
im Einflussbereich der
militärischen Radaranlagen Brockzetel
und Wittmund

Gutachten Nr.: TAEYO2-334/16

(Technischer Abschluss)
12.09.2016

Auftraggeber:

RA Dirk Schröder
Mansholter Straße 30

D-26215 Wiefelstede

Auftragnehmer:

Airbus Defence and Space GmbH
Airbus-Allee 1

D-28199 Bremen



Durchgeführt von:

Dr.-Ing. A. Frye; TAEYO2

unter Beteiligung von:

Dipl.-Math. O. Stelzner; TAEYO2

Dipl.-Ing. M. Gottschalk; TAEYO2

Tel.: +49 421 – 538 2719

Fax.: +49 421 – 538 3481

E-Mail: andreas.frye@airbus.com

Ausfertigungsnummer - **pdf** -

Das Gutachten besteht aus den Seiten 1 bis 73 mit Anhang A bis C.

Inhaltsverzeichnis:

1	Zielsetzung	4
1.1	Bewertung bzgl. des Radars Brockzetel/3D-LV Radar	4
1.2	Bewertung bzgl. des Radars Wittmund.....	7
2	Gesamtbeurteilung/Zusammenfassung der Ergebnisse	15
2.1	Radar Brockzetel	15
2.2	Radar Wittmund	18
2.3	Zusammenfassung	22
3	Untersuchung bzgl. Radar Brockzetel	23
3.1	Aufgabenbeschreibung	23
3.2	Referenzuntersuchung	25
3.3	Untersuchungsverfahren	28
3.4	Technische Analyse für das 3D-LV-Radar Brockzetel	30
3.4.1	Künftige Situation mit den geplanten WEA.....	31
3.5	Randbedingungen für Analysen zu einem 3D-LV-Radar	35

3.6	Bewertung des Einflusses von Einzelanlagen und Gruppierungen	41
3.6.1	Künftige Situation mit den geplanten WEA.....	42
3.6.2	Bewertung der Darstellung der normierten Feldstärkenverteilungen	43
3.6.3	Beurteilung	44
4	Aufgabenbeschreibung FS-Radar Wittmund	47
5	Untersuchungsverfahren FS-Radar Wittmund.....	50
6	Radarquerschnittanalyse	52
6.1	Ermittlung des RQS der WEA.....	54
7	Bewertung des Gesamteinflusses der WEA-Gruppe bzgl. „Störzellen“ ..	58
7.1	Bewertung bzgl. der Radaranlage vom Typ ASR-S.....	61
7.2	Geplante Situation	63
7.3	Beurteilung der verschiedenen Überflugs-Szenarien:.....	69
Anhang A: Abkürzungen		71
Anhang B: Technische Parameter der geplanten WEA.....		72
Anhang C: Koordinaten		73

1 Zielsetzung

Status des Berichtes:

Der vorliegende Abschlussbericht fasst die bis zum Zeitpunkt des Berichtsdatums erarbeiteten Ergebnisse und Erkenntnisse zusammen. Die Inhalte basieren auf den zum Zeitpunkt der Bearbeitung uns bekannten und durch uns abschätzbaren Forderungen und Vorstellungen der technischen Entscheidungsträger der Genehmigungsbehörden sowie des aktuellen Standes von Wissenschaft und Technik.

Bekannte geplante Windenergieanlagen werden in dieser Analyse als Bestandsanlagen berücksichtigt.

Zielsetzung der Untersuchung:

Die vorliegende Untersuchung bewertet den möglichen technischen Einfluss von fünf geplanten Windenergieanlagen im Bereich Delfshausen auf die Radarabdeckung des 3D-LV-Radars am Standort Brockzetel sowie des Radars am Standort Wittmund. Geplant sind Anlagen vom Typ Enercon E-82 E2 mit ca. 108 m Nabenhöhe.

Die Daten und Informationen der Windenergieanlagen bzgl. der Gondel- und Säulendimensionen sowie bzgl. der Rotorblätter wurden dem Verfasser des Gutachtens auf der Grundlage einer Vertraulichkeitserklärung vom Hersteller der Windenergieanlagen zur Verfügung gestellt.

Eine betriebliche Bewertung, die eine nichttechnische Folgenabschätzung für die Nutzer der Radarsysteme bedeutet, erfolgt im vorliegenden technischen Bericht nicht.

1.1 Bewertung bzgl. des Radars Brockzetel/3D-LV Radar

Berücksichtigt wurden hierbei insbesondere die Topografie und die exakten Höhenpositionen des Radarsystems sowie der geplanten und vorhandenen Windenergiean-

lagen. Weiter sind Ergebnisse aus der letzten Sonderversuchung bei der Überprüfung der Ergebnisse berücksichtigt worden.

In der vorliegenden Untersuchung zum LV-Radar werden die technischen Betriebsparameter der Radarortungsanlage Brockzetel, die einer Sicherheitseinstufung unterliegen, zugrunde gelegt. Eine ausführliche Beschreibung der technischen Betriebsparameter und Aufgabenstellungen der Systeme erfolgt aus diesem Grund in den schriftlichen Unterlagen nicht.

Die Beurteilung möglicher Störeinflüsse von Windenergieparks erfolgt grundsätzlich unter folgenden Kriterien für Radarsysteme:

- Messtechnisch feststellbare Radarverschattungen durch die geplanten WEAs
- Gerichtete Reflexionen
- Streufelderscheinungen, insbesondere infolge von Wechselwirkungen zwischen den vorhandenen sowie geplanten Windenergieanlagen
- Bewertung der Streufeldintensität für einzelne WEAs als auch für mehrere WEAs unter Berücksichtigung deren Wechselwirkung
- Messtechnisch feststellbare Radarverschattungen durch die geplanten WEAs im Falle der notwendigen Berücksichtigung vorhandener räumlich vor- oder nachgelagerter WEAs im Hinblick auf 3D-Radarsysteme
- Konkrete Parameter des LV-Radarsystems: Antennenposition, Antennenhöhe, Azimutauflösung, Betriebsfrequenzbereich
- Anforderungen der DFS zur Vermeidung radarwirksamer Verschattungen

Die Bewertung der Ergebnisse zum radarwirksamen Verschattungseinfluss bei Luftverteidigungsradarsystemen erfolgt im Hinblick auf die Möglichkeiten einer messtechnischen Erfassbarkeit dieser Einflüsse. Eine Beurteilung, ob diese Einflüsse zu betrieblich relevanten Störungen der Radarortungsanlage von Typ HADR führen, erfolgt im Rahmen dieser Untersuchung nicht, da hierzu u. a. eine sehr konkrete Bewertung der Aufgaben des Radarortungssystems erforderlich ist.

Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass eine Minderung der messtechnisch mit Hilfe von RASS oder SASS-C ermittelbaren Entdeckungswahrscheinlichkeit zur Überprüfung von Radarverschattungen in der vorliegenden Untersuchung als nicht feststell-

bar erachtet wird, wenn die Reichweitenminderung geringer ist als der radiale Abstand bzw. Versatz zweier Rangefenster von ca. 5 NM. Das ungestörte Feld dient dabei als Bezug. Die Radarreichweite ist dabei auf 100 % normiert. Die LFZ-Position wird in 130 NM angenommen. Eine messbare Beeinflussung liegt danach bei einer Reichweitenminderung auf unter 96,2 % vor.

Potentiell störrelevant sind im Standortbereich des geplanten Windparks neben der Säulen- und der Nabenkonstruktion die Rotorblätter. Radarwirksame Verschattungen können infolge zu geringer Distanzen zum Radaranlagenstandort vorliegen. Streufelder und gerichtete Reflexionen durch metallische Blitzschutzstrukturen bewirken darüber hinaus unter Umständen eine unzuverlässige bzw. ungenaue LFZ-Positionsbestimmung.

Zielsetzung:

Es werden im Ergebnis Vorschläge formuliert und begründet, an welchen Orten die geplanten Windenergieanlagen unter den genannten radartechnischen Kriterien als zulässig erachtet werden. Das Gutachten dient zur Vorlage und Entscheidungsgrundlage im Rahmen des Genehmigungsverfahrens bei der zuständigen Wehrbereichsverwaltung (WBV) als Betreiber der Radaranlagen Brockzetel. Eine Bewertung der Radaranlagen erfolgt nicht.

1.2 Bewertung bzgl. des Radars Wittmund

Das vorliegende Gutachten bewertet bzgl. der Radaranlage am Flugplatz Wittmund für den Radargerätetyp ASR-S die radartechnischen Störwirkungen des Windparks Delfshausen bezüglich der Planung von fünf Windenergieanlagen vom Typ Enercon E-82 E2 mit einer Nabenhöhe von 108,4 m unter Berücksichtigung der Vorbelastung im Hinblick auf die Möglichkeit von Flugzielverlusten im Falle eines Überfluges über die untersuchte geplante Windenergieanlagenanordnung.

Der geplante Windpark Delfshausen befindet sich südöstlich des Radarstandortes Wittmund in einer Entfernung von ca. 47 km.

Die Untersuchung beurteilt für die geplanten WEAs die Auswirkungen auf mögliche LFZ-Zielverluste in Abhängigkeit von der räumlichen Anordnung der geplanten WEAs sowie die Störwirkungen, die durch die geplanten WEA-Anlagentypen zu erwarten sind. Das Ziel der Untersuchung ist die Identifizierung eines Restrisikos im Hinblick auf LFZ-Zielverluste gegenüber der heutigen Situation.

Bezüglich der Begrifflichkeiten und Definitionen sei auf die Festlegungen gemäß Anhang A verwiesen.

Zielsetzung:

Es wird im Ergebnis begründet, an welchen Orten die geplanten Windenergieanlagen einen Einfluss auf die Radarbilddarstellung haben.

Das Gutachten dient zur Vorlage und als Entscheidungsgrundlage im Rahmen des Genehmigungsverfahrens bei dem zuständigen BAIUDBw (Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr) sowie dem AFSBw (Amt für Flugsicherung der Bundeswehr) als „Betreiber“ der FS-Radaranlage auf der Liegenschaft in Wittmund. Als Bezugsradarsystem wird das dort vorhandene ASR-S herangezogen. Eine Bewertung der Radaranlagen erfolgt nicht. Die angewandten Kriterien setzen voraus, dass eine Filterung von Windenergieanlagen zur Unter-

scheidung von Flugzielen durch den Radarsensor – wie es bei digitalen Radarsystemen zur Flugsicherung möglich ist – nicht erfolgt und sind damit auf alle Radarsysteme dieses Typs oder vergleichbarer Systeme anwendbar.

Eine Überprüfung der Anforderungen der Hindernisfreiheit gemäß der ICAO – Convention Annex 14 –, die die grundsätzlich zulässige Bauhöhe von Objekten beliebiger Art festlegt, erfolgt im Rahmen des Gutachtens nicht. Diese ist für jeden Umgebungsort eines Flugplatzes festgelegt und unveränderlich. Sie dient dem Schutz von Luftfahrzeugen im Flug und steht nicht im Zusammenhang mit der radartechnischen Problematik, die Gegenstand des Gutachtens ist.

Vorbemerkung zur Wechselwirkung zwischen WEA und Radaranlagen der militärischen Flugsicherung

Die Analyse eines möglichen Störpotentials durch die Planung von fünf Windenergieanlagen vom Typ Enercon E-82 E2 mit einer Nabenhöhe von 108,4 m im Gebiet Delfshausen, südöstlich der Liegenschaft Wittmund im Nahbereich der militärischen Flugsicherungsanlagen, wurde erforderlich aufgrund von Bedenken der zuständigen Genehmigungsbehörden, insbesondere der militärischen Flugsicherung.

Entsprechende Bedenken wurden im Zusammenhang mit Windenergieanlagen seit ca. 1998 im Umfeld von Luftverteidigungsradaranlagen stets geäußert und im Rahmen einer umfangreichen, durch Flugvermessungen gestützten Untersuchung unter Leitung des Luftwaffenführungskommandos bestätigt, vgl. Abschlussbericht: "Einfluss von Hindernissen..." vom 15.02.2004. Dabei wurden gezielt für in Betrieb befindliche 3D-Radaranlagen Kriterien und Lösungen für WEAs bzgl. der radartechnisch zulässigen Dimensionen und räumlicher Anordnungen ausgearbeitet und nachgewiesen.

Vergleichbare durch systematische Flugvermessungen messtechnisch bestätigte und verifizierte Kriterien liegen für 2D-Radaranlagen im Rahmen der Förderstudie des BMU seit September 2011 vor:

- Dabei erfolgten an verschiedenen militärischen Flugplätzen die Aufzeichnung von Störeinflüssen von Windenergieanlagen auf das Radarsystem ASR 910 über einen langen Zeitraum unter sehr unterschiedlichen Wetter- bzw. Windbedingungen. Durch diese Ergebnisse konnten verschiedenen Windenergieanlagentypen unterschiedliche Störpotentiale bzw. Störhäufigkeiten zugeordnet werden.
- Auf der Grundlage von Auswertungen zu WEA-Darstellungs- bzw. Störhäufigkeiten sowie auf der Grundlage der Auswertung von LFZ-Überquerungen über WEA-Anordnungen konnten Kriterien für radartechnisch zulässige Anordnungen am Beispiel vorhandener Windenergieanlagenanordnungen und WEA-Typen festgelegt werden.

Liegen für konkrete, geplante WEA-Typen keine im Rahmen von messtechnischen Untersuchungen ermittelten, belastbaren Ergebnisse zur radarwirksamen Darstellungs- oder Störhäufigkeit vor, wird ersatzweise für die Beurteilung dieser Störhäufigkeit eine „Worst-Case“-Betrachtung unter der Annahme der größeren Störhäufigkeiten geringfügig kleinerer messtechnisch untersuchter WEA-Rotoren durchgeführt.

Durch die Bewegung der Rotoren einer WEA wird für den Radarsensor ein Reflexionsobjekt mit einem starken dynamischen Radarquerschnitt bzw. Radarreflexionsintensität generiert. Die Charakteristik eines dynamischen Radarquerschnittes ist einem bewegten Luftfahrzeug sehr ähnlich, so dass für den Radarsensor des eines ASR-S oder vergleichbarer moderner Flugsicherungsradaranlagen eine Unterscheidung gegenüber einem Luftfahrzeug (LFZ) erschwert wird.

Die Störeinflüsse von Windenergieanlagen bei 2D-Radaranlagen zur Flugsicherung sind im Schwerpunkt durch zwei unterschiedliche Erscheinungen beschreibbar:

- a. Jede Windenergieanlage, unabhängig von ihrer Dimension und Rotorblattform, erzeugt mit einer individuellen Häufigkeit auf dem Radarschirm eine ortsfeste Zieldarstellung. In der Umgebung eines Radaranlagenstandortes sind über diese Erscheinung prinzipiell alle vorhandenen Windenergieanlagen sichtbar. Beim ASR-S ist die Darstellung dieser Plots üblicherweise nicht eingeschaltet. Die

Darstellungshäufigkeit von WEAs ist somit kein direktes Maß für deren Störwirkung. In der Umgebung des Flugplatzes bzw. im Überwachungsbereich des Radars ist bereits eine größere Anzahl von Windenergieanlagen vorhanden. Zusätzliche Windenergieanlagen können beim ASR-S zu LFZ-Plotausfällen sowie hierdurch bedingte Trackabbrücke generieren. In seltenen Fällen können WEA-Plots zu einer Trackablenkung bzw. Falschtracks führen.

WEA-Plots verursachen in der Radardarstellung bei Windstille – wenn der Windenergieanlagenrotor nicht dreht – keine LFZ-Plotausfälle. Sie sind durch technische Maßnahmen bei Windenergieanlagen nicht lösbar, da hierzu eine Minderung der Reflexionsintensität von Windenergieanlagen über mehrere Dekaden, d. h. mehr als 30 dB (Faktor 1000), notwendig wäre, die technisch nicht möglich ist. Zugleich muss darauf hingewiesen werden, dass die Radardarstellung zugleich die Einblendung von einfachen Karten, z. B. Küstenlinien, als Orientierungshilfe in gleicher Weise ermöglicht.

- b. Beim Überflug über Windparks oder über mehrere räumlich eng angeordnete Windenergieanlagen zeigen sich Schwächungen der Primärzieldarstellung bei der Überwachung von LFZ-Bewegungen im direkten Umgebungsgebiet um und über WEAs für alle Flughöhen. Eine falsche Trackgenerierung ist ebenfalls möglich.

Dieser Sachverhalt kann für die Flugsicherung eine schwerwiegende Problematik eines nicht akzeptablen LFZ-Zielverlustes bewirken und ist der Schwerpunkt der technischen Beurteilung des vorliegenden Gutachtens. Diese Problematik wird sehr stark bestimmt durch die räumliche Anordnung der geplanten Windenergieanlagen sowie die technischen Parameter der Windenergieanlagen, die die Störwirkung bestimmen. Durch technische Maßnahmen bei den Windenergieanlagen sowie durch deren räumliche Anordnungen im Hinblick auf mögliche Überflugszenarien von LFZs sind hier Maßnahmen zur Problemlösung oder Problemminderung möglich. Diese Maßnahmen sind im Hinblick auf künftige digital arbeitende Radarsysteme zur Flugsicherung besonders vorteilhaft, weil eine Unterscheidung zwischen einer WEA und einem LFZ unterstützt wird.

In diesem Zusammenhang kann festgestellt werden, dass abhängig von der Verweildauer eines LFZs im Fall des Überfluges im entsprechend betroffenen Luftraumgebiet oberhalb einzelner WEAs oder kleiner isoliert stehender Windparks diese nicht zwangsläufig als Ursache entsprechender Störungen wirksam werden, wenn die Verweildauer eines LFZ oberhalb dieses Gebietes geringer ist als drei Antennenumschwenkzeiten.

Zusätzlich wurden im vorliegenden Gutachten technische Erkenntnisse aus nachstehenden Dokumentationen und Besprechungen berücksichtigt:

- Abschlussbericht: Einfluss von Hindernissen auf HF-gestützte Führungsmittel vom 15.02.2004
- Feldstudie RAF AWC „The Effects of Wind turbine Farms on ATC Radar“ vom 10.05.2005
- Messtechnische Untersuchung an Windenergie rotorblättern zur Ermittlung von reflexionsdämpfenden Möglichkeiten vom 04.06.2003 und 15.01.2004.
- Report DoD USA „ THE EFFECES OF WIND TURBINE FARMS ON MILITARY READINESS 2006“
- aktuelle Empfehlungen von EUROCONTROL gemäß Doc ID 0.3 vom 18.05.2008
- BMVg IT 4 – Schutzbereich von Funkstellen (allgemeiner Umdruck Nr. 51)
- Besprechung und Vortrag bei „EUROCONTROL / Wind energy task group“ vom 01.03.2006 „Potential effects of wind turbines and justiciable solutions“.
- Technische Dokumentation zum 2D-Radar „ASR-S“ des Herstellers
- Technische Dokumentation des AFSBw zum ASR 910
- Ergebnisse einer BMU-Studie zum Störeinfluss von WEAs auf Radarsysteme zur Flugsicherung – Ergebnispräsentation von 09.12.2008 .
- ICAO EUR Doc. 15 2nd Edition, September 2009
- ICAO – Doc 8071 – Manual on Testing of Radio Navigation Aids; Vol. III
- EUROCONTROL-Doc. “Assessment Methodology to Determine the Impact of Wind Turbines on ATC Surveillance Systems, Edition Number 0.4 (3.2.3 ff)”

- EUROCONTROL-Doc. "Wind farm impact assessment technique and mitigation measures, Edition 0.5
- Besprechung mit AFSBw im Rahmen des BMU – Fördervorhabens „ Fortführung WEA – Radarverträglichkeit“ vom 11.+12.05.2010
- Eurocontrol “ Guidelines from Wind turbine task force “ Version 1.0 from May 2010
- Abschlussbericht des BMU-Fördervorhaben „Fortführung WEA – Radarverträglichkeit“ von September 2011
- Datenaufzeichnung und Auswertung am Radar in Wittmund vom Typ ASR-S am Beispiel eines vorhandenen Windparks im Dezember 2015
- Besprechung beim Luftfahrtamt der Bundeswehr Referat 3 II e bzgl. der Bewertung für das ASR-S vom 19.01.2016
- Datenaufzeichnung und Auswertung am Radar in Schleswig vom Typ ASR-S am Beispiel zweier vorhandener Windparks im Juli 2016

Neuere messtechnische Untersuchungen konzentrieren sich auf vergleichende Detailuntersuchungen zu konkreten Bestandsparks, werden daher nicht explizit aufgeführt und dienen der Verifikation der Ergebnisse der genannten Grundlagenuntersuchungen.

Zur Bewertungsmethodik:

Die technischen Erfordernisse für die Planung von Windenergieanlagen im Gebiet Delfshausen erfolgen unter den Randbedingungen des Radarsystems ASR-S oder funktionsgleicher anderer Radarsysteme. Grundlage sind die WEA-Standorte gemäß der Koordinaten aus Tabelle 1.

I.

Die Bewertung der WEAs erfolgt unter der Maßgabe, dass die zu betrachtenden durch WEAs beeinflussten Zellen in einem definierten Polar Flächenraster (DCM-Zellen) vorliegen, welcher auf den Radarstandort ausgerichtet ist. Beim ASR-S weist jede dieser DCM-Zellen in einer Entfernung zwischen 12,3 km und 70 km zum

Radargerät 299,7 m x 1,8° auf. Bei Entfernungen von weniger als 12,3 km beträgt die Dimension der DCM-Zellen 299,7 m x 3,6°.

II:

Die für die Bewertung angenommene LFZ-Überfluggeschwindigkeit wird mit 180 km/h (50 m/s) angegeben, dabei wird ein störrelevanter Trackverlust bei weniger als drei Antennenumdrehungen ausgeschlossen.

Die Beurteilung der LFZ-Verweildauer im Falle eines Überflugs über die Gesamtanordnung der projizierten WEA-Standorte gemäß Tabelle 1 führt auf eine Zunahme der Flugzielverluste infolge der durch WEAs beeinflussten DCM-Zellen (im Folgenden als Störzellen bezeichnet). Nach der Errichtung der WEAs sind bei Überflügen Flugzielverluste mit unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit der Überflugrichtung zu erwarten. Bei diesem Bewertungsverfahren wurden der Geländeeinfluss sowie die reale Erfassbarkeit von Windenergieanlagen entsprechend der Ergebnisse der BMU-Studie aus 2011 berücksichtigt.

III.

Die tatsächliche Störrelevanz innerhalb einer Störzelle wird durch die Position bzw. die Anordnung der WEAs innerhalb und außerhalb der betrachteten Störzelle bestimmt. Zudem sind die Intensität und die zeitliche Änderung der Radarreflektivität bzw. des RQS (Radarrückstreuquerschnitt) einer WEA maßgeblich.

Von Bedeutung ist jedoch, dass der RQS für die geplante WEA eine Größenordnung zeigt, die deutlich über der Detektionsschwelle des ASR-S sowie anderer moderner 2D-Radarsysteme liegt, so dass eine Bewertung der WEA-Erfassung durchgeführt werden muss.

Ein LFZ-Trackverlust ist gemäß den Forderungen und Festlegungen der Flugsicherung ab der dritten durch eine WEA gestörten Detektion gegeben.

Bei Radaranlagen der Flugsicherung wird für eine sichere Flugzielerfassung eine Wahrscheinlichkeit ($P_{D_{LFZ}}$) von mindestens 90 % gefordert, die realiter diffizil zu erreichen ist.

Der oben gewählte Ansatz stellt im Hinblick auf die Bewertung von Überflügen über WEA einen Worst-case Ansatz dar.

So wäre eine LFZ-Zielverlustwahrscheinlichkeit von unter 10 % für die o. g. Forderung von mindestens 90 % für die $P_{D_{LFZ}}$ rechnerisch ohne Wirkung. Dieser Ansatz wird jedoch im vorliegenden Fall nicht verfolgt, weil eine Anhebung der Falschalarmrate (FAR) in diesem Zusammenhang ebenfalls zu berücksichtigen ist.

2 Gesamtbeurteilung/Zusammenfassung der Ergebnisse

2.1 Radar Brockzetel

Die nachstehend dargestellte geplante WEA-Anordnung stellt für die Radaranlage Brockzetel eine der bisherigen Betriebssituation gleichwertige Situation dar.

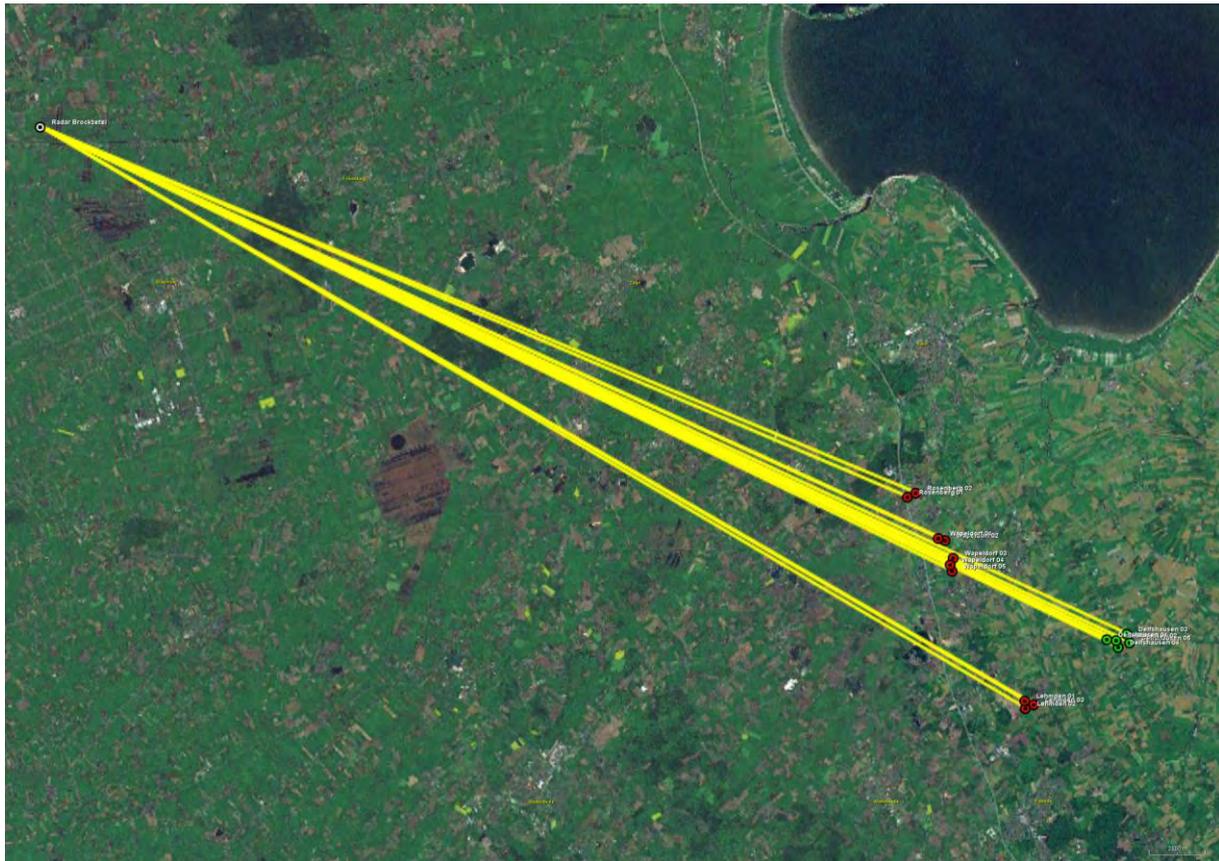


Abbildung 1: Grafische Übersicht auf die gekennzeichneten Windenergieanlagen (rot=Bestand, grün=Planung). Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. des Radars Brockzetel sind durch gelbe Linien gekennzeichnet. Das Planungsgebiet ist im rechten Bildbereich zu sehen.

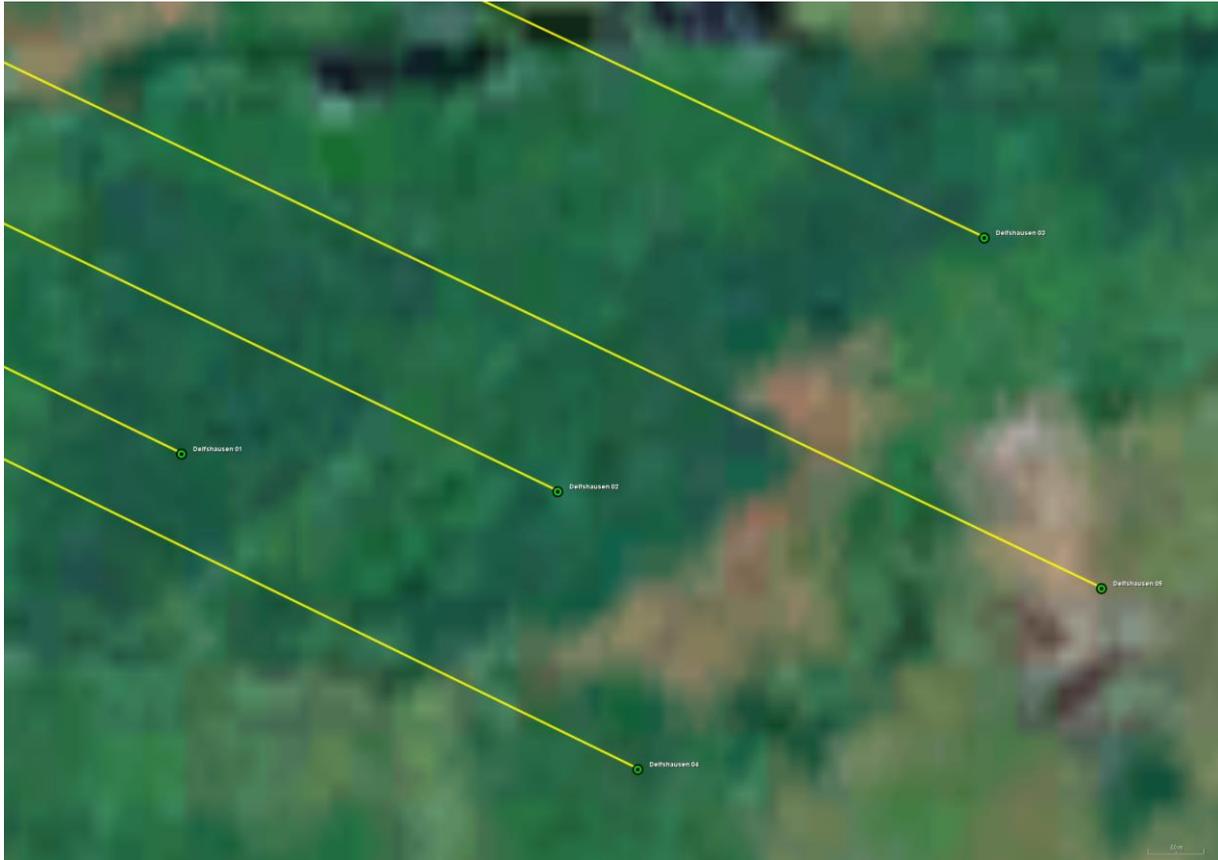


Abbildung 2: Grafische Detailansicht auf die geplanten Windenergieanlagen (grün)

Durch die geplanten WEA erfolgt zusammen mit den Bestandsanlagen eine lokale Änderung der WEA-Verdichtung mit Wechselwirkungen untereinander. Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. des Radars Brockzetel sind gelb gekennzeichnet.

Bei der Realisierung der Planungsstandorte sind Ortsabweichungen gegenüber den Koordinaten gemäß Tabelle 3 in der Größenordnung des Säulendurchmessers im unteren Höhenbereich von ca. 5,5 m ohne Einfluss auf die Ergebnisse in allen Richtungen zulässig.

Für die vorliegende Radaranlage Brockzetel, die als 3D-Radaranlage zur Luftverteidigung dient, ergibt sich für keine der untersuchten WEA-Anordnungen eine messbare Minderung der Radarerfassung. Das Kriterium ist hierzu 96,2% als messtechnische Nachweisgrenze.

Ebenfalls sind die Forderungen bzw. Empfehlungen gemäß des Dokuments "EURO-CONTROL Guidelines Edition 1.1" , Table 3 : "Move wind turbine out of radar line of sight " durch die Planungen im radartechnische Sinne erfüllt.

Die Streufeldeinflüsse, bedingt durch die zukünftige Windparksituation mit den geplanten und den vorhandenen WEAs, weisen eine geringe Intensitätszunahme auf, infolge derer jedoch keine feststellbaren Auswirkungen wie Zielerfassungsverluste oder Fehler bei Laufzeit- bzw. Distanzmessungen auf das Radarsystem zu erwarten sind. Eine messbare Störung des Radars Brockzetel in der Planungssituation kann ausgeschlossen werden.

In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass Untersuchungen bei 3D-Radarsystemen nur unter Berücksichtigung der Topografie sowie der Höhenposition der Radarantenne und der WEA eine Aussage zu Reichweitenänderungen ermöglichen und die hier vorgestellten Ergebnisse nur für die betrachteten Planungsstandorte gemäß Tabelle 3 gültig sind.

2.2 Radar Wittmund

Um eine Situation sicherzustellen, die auch bei Errichtung der geplanten WEAs für die Radaranlage in Wittmund eine der bisherigen Betriebssituation gleichwertige Beeinflussung schafft, ist die nachstehende Anordnung der magenta gekennzeichneten WEAs gemäß Abbildung 3 und Tabelle 1 zulässig:



Abbildung 3: Detailübersicht der geplanten Windenergieanlagen (magenta). Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. der Radaranlage Wittmund sind gelb dargestellt.

Die Standorte der geplanten Windenergieanlagen (magenta) sind gekennzeichnet. Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. des Radars Wittmund sind gelb gekennzeichnet.

Standort	Anlage	WGS 84 Nord	WGS 84 Ost	Naben-höhe [m]	Elevation [°]	Distanz [m]	Winkel [°]
Planung Wapeldorf-Heubült							
Wapeldorf 01	Enercon E-82 E2	53° 20' 6,30"	8° 8' 40,79"	108,38	-0,0178	39914,96	126,9168
Wapeldorf 02	Enercon E-82 E2	53° 20' 3,90"	8° 8' 53,59"	108,38	-0,0188	40148,42	126,7962
Wapeldorf 03	Enercon E-82 E2	53° 19' 43,43"	8° 9' 9,24"	108,38	-0,0212	40762,96	127,2588
Wapeldorf 04	Enercon E-82 E2	53° 19' 35,76"	8° 9' 3,56"	108,38	-0,0217	40825,34	127,6124
Wapeldorf 05	Enercon E-82 E2	53° 19' 28,27"	8° 9' 7,11"	108,38	-0,0224	41019,92	127,8107
Planung Lehmden							
Lehmden 01	Enercon E-82 E2	53° 16' 58,08"	8° 11' 25,57"	108,38	-0,051	45953,05	130,3822
Lehmden 02	Enercon E-82 E2	53° 16' 49,22"	8° 11' 26,92"	108,38	-0,0525	46151,36	130,6193
Lehmden 03	Enercon E-82 E2	53° 16' 53,60"	8° 11' 42,66"	108,38	-0,0542	46283,34	130,2559
Planung Delfshausen							
Delfshausen 01	Enercon E-82 E2	53° 18' 8,66"	8° 14' 3,17"	108,38	-0,0552	46871,19	126,0269
Delfshausen 02	Enercon E-82 E2	53° 18' 7,58"	8° 14' 21,07"	108,38	-0,0568	47157,86	125,82
Delfshausen 04	Enercon E-82 E2	53° 17' 59,61"	8° 14' 24,88"	108,38	-0,0577	47360,8	126,0098
Delfshausen 05	Enercon E-82 E2	53° 18' 4,80"	8° 14' 46,94"	108,38	-0,059	47595,39	125,5621
Delfshausen 03	Enercon E-82 E2	53° 18' 14,86"	8° 14' 41,36"	108,38	-0,0574	47329,29	125,3312
Bestand							
Liethe 01	NEG Micon NM54	53° 16' 43,08"	8° 11' 11,34"	70	-0,1113	46059,45	131,0332
Liethe 02	NEG Micon NM54	53° 16' 41,32"	8° 11' 24,13"	70	-0,1122	46273,24	130,8895
Liethe 03	NEG Micon NM54	53° 16' 34,98"	8° 11' 18,14"	70	-0,1124	46319,78	131,1622
Liethe 04	NEG Micon NM54	53° 16' 31,20"	8° 11' 7,11"	70	-0,1121	46244,98	131,4386
Liethe 05	NEG Micon NM54	53° 16' 29,83"	8° 11' 26,81"	70	-0,1134	46545,62	131,1775
Liethe 06	NEG Micon NM54	53° 16' 24,06"	8° 11' 11,50"	70	-0,113	46452,99	131,5744
Liethe 07	NEG Micon NM54	53° 16' 22,74"	8° 11' 33,94"	70	-0,1145	46790	131,2708
Liethe 08	NEG Micon NM54	53° 16' 20,90"	8° 11' 22,04"	70	-0,1139	46663,55	131,5031
Lehmden B01	Enercon E-58	53° 17' 2,11"	8° 11' 11,67"	59	-0,1234	45676,76	130,475
Rosenberg 01	Enercon E-82 E2	53° 20' 54,00"	8° 7' 41,75"	108,38	-0,0033	38155,89	126,1491
Rosenberg 02	Enercon E-82 E2	53° 20' 58,71"	8° 7' 57,74"	108,38	-0,0052	38308,06	125,7108

Tabelle 1: Koordinatenübersicht über die geplanten Windenergieanlagen (magenta) sowie die Vorbelastung (blau/grün/rot). Die magenta gekennzeichneten geplanten WEAs sind radartechnisch zulässig.

Bei der Realisierung der Planungsstandorte sind Ortsabweichungen in allen Richtungen gegenüber den Koordinaten gemäß Tabelle 1 in der Größenordnung des Säulendurchmessers – im unteren Höhenbereich – ohne Einfluss auf die Ergebnisse in allen Richtungen zulässig.

Zusätzlicher Handlungsbedarf für die zulässigen geplanten Windenergieanlagen besteht bei den festgestellten Einflüssen nicht.

Bewertung:

Grundlage sind die technischen Erfordernisse des Radarsystems ASR-S oder funktionsgleicher anderer Radarsysteme, sowie die WEA-Standorte gemäß Tabelle 1.

Untersucht wurde die geplante Situation unter Berücksichtigung der benachbarten Vorbelastung. Aufgrund des ausreichend großen Abstandes zu den benachbarten WEAs kann die Planung gesondert betrachtet werden.

Auf der Grundlage aller durchgeführten Überflugbewertungen bzgl. zu erwartender Zielverlustwahrscheinlichkeiten von LFZ kann festgestellt werden, dass durch die geplante Situation ein Störzelligebiet vorliegt, bei dem bzgl. der Radaranlage Wittmund bei allen Überflugrichtungen die Zielverlustwahrscheinlichkeiten für ein LFZ mit einem RQS von 3 m² ausreichend gering sind.

Eine Zielverlustwahrscheinlichkeit von über 50 % für ein LFZ mit einem RQS von 3 m² nicht mehr als zweimal in Folge gegeben. Ein LFZ-Zielverlust/Trackverlust ist gemäß den Forderungen und Festlegungen der Flugsicherung erst ab der dritten durch eine WEA gestörten Detektion gegeben.

Im Zusammenhang mit dem Flugpfad D sei darauf hingewiesen, dass bei tangential orientierten Flugpfaden relativ zum Standort des Radarsystems generell Einschränkungen bei der Darstellung von LFZ-Bewegungen aufgrund fehlender radialer Dopplerinformationen vorliegen.

Es muss stets dabei deutlich unterschieden werden zwischen der grundsätzlich angegebenen Möglichkeit für einen LFZ-Trackverlust, der als Kumulation verschiedener Ergebnisse angegeben wird, und der Wahrscheinlichkeit, dass ein LFZ-Zielverlust bei einer bestimmten Detektion eintritt. In dem Zusammenhang ist zu beachten, wie lange ein derartiger Verlust gegeben ist.

Die Berechnungen beruhen auf der Annahme der Hauptwindrichtung für das Windparkgebiet von ca. 230° (Jahresmittel).

Eine ausführliche technische Bewertung der Überflugproblematik, der Radardarstellung sowie unterstützender bzw. kompensierender Maßnahmen erfolgt in Kapitel 7.

Empfehlung:

Unter Abwägung der verschiedenen untersuchten Überflugpfade ist die Realisierung der geplanten WEAs als Enercon E82 E2 radartechnisch zulässig, da keine relevanten Zielverlustwahrscheinlichkeiten festzustellen sind, die zu einen Trackabbruch für ein LFZ mit einem RQS von 3 m² (Klasse Cessna oder größer) führen. Eine Fremdabschaltung für die geplanten WEAs ist daher nicht notwendig.

2.3 Zusammenfassung

Auf der Grundlage der vorgenannten Feststellungen und unter Beachtung der Empfehlung werden die geplanten WEA-Typen an den geplanten Standorten sowie in der vorgesehenen angegebenen Bauhöhe - vgl. Tabelle 3 sowie Anhang auf Seite 73 - als radartechnisch vertretbar und zulässig betrachtet.

Hinweis:

Sämtliche Ergebnisse sind unter den für die untersuchten WEA-Standorte angegebenen Randbedingungen gültig. Ein Übertrag der Ergebnisse auf andere Windenergieanlagen oder auf andere Standorte ist nur mit Einschränkungen möglich. Bei Änderungen der WEA-Konstruktionen oder bei abweichenden Geländeprofilen verlieren die ermittelten Ergebnisse ihre Gültigkeit.

Alle Untersuchungen, wie theoretische Analysen, Berechnungen und messtechnische Untersuchungen, wurden durch den Unterzeichner persönlich überwacht bzw. durchgeführt. Der Schwerpunkt der Unterstützung durch Dipl. Math. O. Stelzner und Dipl. Ing. M. Gottschalk liegt in der Durchführung der Simulationsverfahren nach festgelegten Prozessen.

Alle genutzten Hilfsmittel sind Eigentum der Airbus Defence and Space GmbH, Betriebsstätte Bremen. Sie entsprechen dem aktuellen Stand der Wissenschaft, der Lehre und den Erfahrungen der Praxis.



Dr.-Ing. A. Frye, 12.09.2016

Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für
Hochfrequenz- und Signaturtechnik

3 Untersuchung bzgl. Radar Brockzetel

3.1 Aufgabenbeschreibung

Südöstlich des Radarstandortes Brockzetel ist in einer Distanz von ca. 42 km Entfernung die Errichtung von fünf Windenergieanlagen des Typs Enercon E-82 E2 mit ca. 108 m Nabenhöhe vorgesehen. Berücksichtigt werden ebenfalls diverse Bestandsanlagen, die in einem radarwirksamen Zusammenhang mit den Planungsanlagen stehen. Die Bestandsanlagen befinden sich in ca. 33 km bis ca. 41 km Entfernung vom Radar Brockzetel.

Geplante Anlagen:

Die technischen Parameter der geplanten Anlagen sind auf Seite 72 aufgeführt. Die ermittelten Ergebnisse in diesem Gutachten behalten auch bei einem ggf. kleineren Rotordurchmesser ihre Gültigkeit ohne Einschränkungen.

Für die Rotorblätter der geplanten Anlagen wird von einem Blitzschutzkonzept ausgegangen, das ein Leiterband bzw. eine axial geführte Leiterschiene im Rotorblatt sowie metallische Rezeptoren u. a. im Bereich der Blattspitze vorsieht. Gemäß durchgeführter messtechnischer Untersuchungen im Zusammenhang mit anderen Projekten konnte nachgewiesen werden, dass ein derartiges Blitzschutzkonzept ein geringeres radartechnisches Störpotential zeigt als äußere metallische Kantenprofile, insbesondere eine geringere Streufeldintensität infolge eines geringeren Metallanteils im Rotorblatt.

Das Ausmaß der möglichen Einflüsse durch Rotorblätter wird im Folgenden für ein Blitzschutzkonzept berücksichtigt, das diesen axial verlaufenden Leiter vorsieht.

Die Angaben zu den Planungs- und Bestandsanlagen wurden vom Kunden zur Verfügung gestellt.

Ziel dieser Untersuchung ist es, unter den Kriterien, die in den nachstehenden Kapiteln genannt sind, eine Aussage über die durch die geplanten WEA erzeugten und zu erwartenden radarverschattungswirksamen Störeinflüsse und daraus

folgender Reichweitenminderungen zu erarbeiten und, soweit erforderlich, Maßnahmen zu deren Beseitigung und deren Wirksamkeit aufzuzeigen.

3.2 Referenzuntersuchung

Die vorliegende Untersuchung berücksichtigt neben den durchgeführten Simulationsrechnungen zusätzlich Erkenntnisse aus rechnergestützten und messtechnischen Analysen von anderen Windkraftvorhaben im Nahbereich unterschiedlichster Radarortungssysteme. Der Schwerpunkt der vorliegenden messtechnischen Grundlagen und Referenzen bezieht sich auf 3D-Radarsysteme zur Luftverteidigung. Bei der Modellierung sowie der rechnergestützten Strahlungsfeldanalyse der vorliegenden WEA-Anordnung wurden die gleichen Verfahren aus den nachstehend genannten Vorhaben in weiterentwickelter Version genutzt.

Grundlagen dieser Untersuchungen sind u. a.:

- 1) Computergestützte Strahlungsfeldanalysen der DASA/EADS zur Beurteilung der Einflüsse einzelner Windkraftanlagen im Nahbereich des militärischen Radarsensors Auenhausen/NRW. Die Resultate wurden in einem Bericht vom September 1998 zusammengefasst.
- 2) Flugvermessungen zur Verschattungswirkung von Windkraftanlagen im Nahbereich des Radarsensors Auenhausen im Jahr 1996.
- 3) Technische Vorgaben der Bundeswehr an die Untersuchung von Windenergieanlagen zum Radarsensor Brockzetel vom September 1998.
- 4) Durchgeführte computergestützte Strahlungsfeldanalyse der DASA/EADS zur Beurteilung der Einflüsse einzelner Windkraftanlagen mit Nabenhöhen von 98 m über Grund. Dabei wurden gezielt unterschiedliche Distanzen zu einer Radarortungsanlage bewertet. Die Resultate wurden in einem Bericht vom Januar 1999 zusammengefasst. Die gewählten Modellparameter bei der Nachbildung dieser Windenergieanlagen entsprechen den Parametern der Untersuchungen nach a und b zu Auenhausen, da hierbei jeweils eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den computergestützten Strahlungsfeldanalysen sowie den Flugvermessungen festgestellt wurde.

- 5) Durchgeführte Flugvermessungen zum Radarsensor Brockzetel/Niedersachsen vom April 1999.
- 6) Computergestützte Strahlungsfeldanalysen der DASA im Rahmen einer Machbarkeitsanalyse für ein Aufstellungskonzept eines Windenergieparks. Die Resultate zu radartechnisch möglichen Anordnungen einer größeren Anzahl von Windenergieanlagen im Nahbereich des Radarsensors Brockzetel wurden dabei in einem Bericht im Mai 1999 zusammengefasst.
- 7) Interpretation und Beteiligung an der Auswertung von Flugvermessungen im Rahmen der „Arbeitsgruppe Messtechnik“ – 1999 bis 2003 – unter Leitung des Luftwaffenführungskommandos.
- 8) Computergestützte Feldanalysen der EADS in Abstimmung mit der Erprobungsstelle WTD 81 der Bundeswehr in Greding zur Beurteilung des Einflusses von Windenergieanlagen bei unterschiedlichen Radarbetriebsfrequenzen im Jahr 2003.
- 9) Untersuchung von Windenergieanlagen-Anordnungen im Einflussbereich/Arbeitsbereich von Luftverteidigungsanlagen der Typen MPR, HADR und RRP 117 mit unterschiedlichen Frequenzen in den Jahren 2002 bis 2005.
- 10) Untersuchung von Windenergieanlagen-Anordnungen im Einflussbereich/Arbeitsbereich von Navigationsanlagen des Typs DVOR in Deutschland im Jahr 2004.
- 11) Untersuchung von WEA Anordnungen in großer Distanz sowie deren Einfluss auf Luftverteidigungsradaranlagen des Typs HADR und Vergleich mit Flugverkehrsaufzeichnungen in den Jahren 2008 und 2009.
- 12) Report DoD USA „ THE EFFECES OF WIND TURBINE FARMS ON MILITARY READINESS 2006“.
- 13) Eurocontrol “ Guidelines from Wind turbine task force “ Version 1.0
- 14) ICAO EUR Doc. 15 2nd Edition, September 2009.
- 15) ICAO – Doc 8071 – Manual on Testing of Radio Navigation Aids; Vol. III.

- 16) Präsentation "Beurteilung von WEA, Version 1.2 " des Kdo LRÜ vom 22.03.2011
- 17) Sondervermessung des Radars Auenhausen zum Einfluss von Windenergieanlagen – nicht öffentlich - im Auftrag des Einsatzführungsdienstes der Luftwaffe, Ausfertigung Januar 2013

3.3 Untersuchungsverfahren

Das eingesetzte numerische Untersuchungsverfahren zur Strahlungsfeldanalyse im Raum basiert bzgl. der Nachbildung der Windenergieanlagen auf dem mathematischen Verfahren der Momentenmethode.

Bei den Untersuchungen der Abschattungswirkungen sowie der Wechselwirkungen der Windenergieanlagen untereinander wurden die Feldberechnungen bei jeder einzelnen Konfiguration einer Windenergieanlage oder einer Gruppe von Windenergieanlagen für verschiedene Raumgebiete sowie unterschiedliche Höhen durchgeführt. In der vorliegenden Untersuchung wurde der Schwerpunkt auf einen sehr niedrigen Elevationswinkel von $0,2^\circ \dots 0,22^\circ$ gelegt. Dabei wurde diese leicht geneigte Analyseebene derart im Raum bzgl. der Höhen angeordnet, dass der Höhenbereich der Gondeln, d. h. der Bereich, in dem die intensivsten Störungen hervorgerufen werden können, abgetastet wird.

Grundsätzlich wird bei den numerischen Analysen als Worst-case-Ansatz das Raumgebiet der Gondel zusammen mit dem Turm als verschattungsrelevante Objektstruktur nachgebildet, die sich im Falle einer vollständigen Rotation ergibt. Damit sind zusätzlich die ungünstigsten Randbedingungen, die sich bei wechselnden Windrichtungen ergeben können, berücksichtigt.

Das elektromagnetische Strahlungsfeld wird im gesamten Entfernungsbereich zwischen dem LFZ und der Radarortungsanlage berechnet. Für jede einzelne Analyse wird auf dieser Grundlage die Intensitätsverteilung des Feldes in einem 400 m breiten und 50 km langen Feldgebiet – ausgehend von der Radarortungsanlage – dargestellt. Dieses Feldgebiet stellt somit den letzten Streckenabschnitt der vom LFZ reflektierten Radarwelle dar. In den Abbildungen sind somit die Feldstärkeverteilungen der letzten 50 km mit der Radarortungsanlage als Zielpunkt angegeben.

Das Raumgebiet um das Radarsystem wird mit unterschiedlichen Feldpunktdichten analysiert, um eine gesicherte Datenbasis für die Beurteilung der zu erwartenden Einflüsse auf die Empfangsfeldstärke zu haben.

Grundsätzlich wird bei den Feldberechnungen eine normierte elektrische Feldstärke bei Annahme vertikaler Polarisation ausgewiesen. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt durch als Farbflächen gekennzeichnete Feldstärkeverteilungen sowie durch 3D-Konturdarstellungen, die die räumliche Ausdehnung des Streufeldes in der direkten Umgebung der streuenden Struktur der Windenergieanlage deutlich machen.

Ein Einfluss auf die Radarortungssysteme wird als messtechnisch mit z. B. SASS-C (vgl. Anhang auf Seite 71) nachweisbar beurteilt, wenn die Feldstärkeminderungen am Ort der Empfangsantenne zu einer Reichweitenminderung auf unter 96,2 % gegenüber dem ungestörten Fall (100 %) führen. Die Beurteilung von messbaren Reflexions- und Streufeldeinflüssen orientiert sich an Änderungen der Empfangsfeldstärke, die eine gleiche Größenordnung erreichen.

Eine Bewertung, ob die messbaren Einflüsse eine Beeinträchtigung des Betriebes des Radarortungsverfahrens bedeuten, erfolgt in Rahmen dieser Untersuchung nicht.

3.4 Technische Analyse für das 3D-LV-Radar Brockzetel

Die Analyseergebnisse zeigen als Grundsatzbetrachtung auf der Grundlage von Ausbreitungsrechnungen im Betriebsfrequenzbereich von ca. 3,1 GHz die durch Windenergieanlagen verursachten Streufeldeinflüsse sowie radarwirksame Verschattungen und den Einfluss auf mögliche Reichweitenminderungen.

Die nachstehenden Untersuchungen zur Beurteilung des Einflusses von WEAs auf das Radarstrahlungsfeld wurden unter Berücksichtigung der Generatorbauform, den vorhandenen Blitzschutzkonzepten, der Säulendimensionierung und den Nabenhöhen sowie für Teilanordnungen der WEAs mit den stärksten radialen Verdichtungen durchgeführt. Die Ergebnisse sind damit übertragbar auf die gesamte Planung. Ein geringfügig größerer Rotordurchmesser bewirkt keine Abweichungen von den nachfolgenden Analyseergebnissen.

Diese Ergebnisse basieren auf einem statischen Modell, das die Windenergieanlagen in ihrer Gesamthöhe inkl. Rotor berücksichtigt. Als Worst-Case-Annahme wird dabei die Kombination aus quer gestellter Gondeldimension und einer Rotororientierung gewählt, bei der die Rotorachse auf den Radarsensor zeigt.

3.4.1 Künftige Situation mit den geplanten WEA

1. **WEA-Zehnfachanordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 2. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 39 km zur Radaranlage Brockzetel durchgeführt.

T1

WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]
Wapeldorf 02	Enercon E-82 E2	108,38	35321,01
Wapeldorf 01	Enercon E-82 E2	108,38	35074,92
Delfshausen 03	Enercon E-82 E2	108,38	42581,02
Wapeldorf 03	Enercon E-82 E2	108,38	35852,78
Delfshausen 05	Enercon E-82 E2	108,38	42808,48
Delfshausen 02	Enercon E-82 E2	108,38	42339,79
Delfshausen 01	Enercon E-82 E2	108,38	42027,17
Wapeldorf 04	Enercon E-82 E2	108,38	35861,36
Delfshausen 04	Enercon E-82 E2	108,38	42511,32
Wapeldorf 05	Enercon E-82 E2	108,38	36022,4
			39040,03

Tabelle 2: Teilanordnung T1

Abbildung 4 gibt die untersuchte Kubatur der Naben- und Generatorbauform wieder. Die Abmessungen der nachgebildeten Generatorgondel sowie der Durchmesser des jeweiligen oberen Säulenanschlusses sind angegeben.

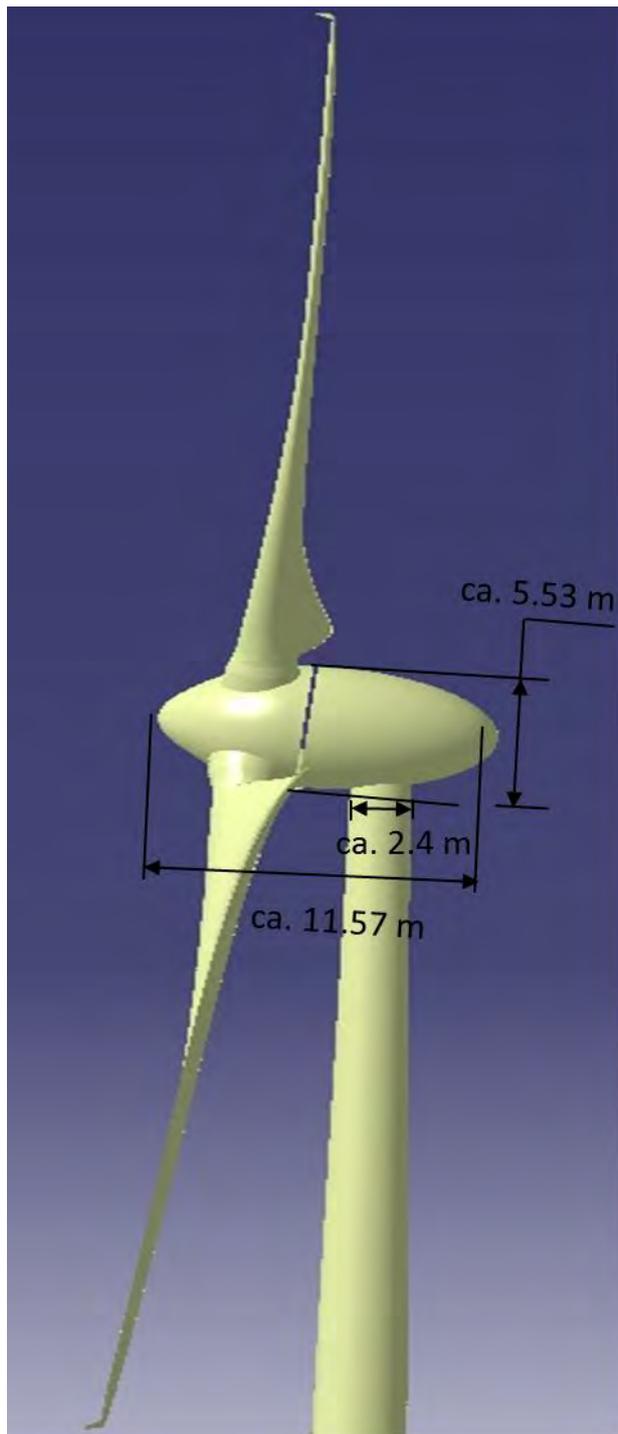


Abbildung 4: Schematische Objektgeometrie für die geplante WEA-Bauform Enercon E-82 E2 mit ca. 82 m Rotor, wie für die Analysen berücksichtigt

Die nachstehende Abbildung bietet eine Übersicht des erstellten 3D-CAD-Datensatzmodells für die geplanten Windenergieanlagenstandorte in der Übersicht und aus der Perspektive der Radaranlage Brockzetel, stets in Kombination von frei verfügbaren Luftbildern, die auf den Radarhöhendatensatz projiziert wurden.

Die Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage ist nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz. Insbesondere die Veröffentlichung in öffentlich zugänglichen Medien setzt eine explizite schriftliche Zustimmung durch Airbus Defence and Space voraus. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmuster – Eintragung vorbehalten. Quellenangabe: Alle genutzten Darstellungen sind durch Airbus Defence and Space, bzw. den Bearbeiter erzeugt worden. Bei Luftaufnahmen wird teilweise auf Google Earth Abbildungen zurückgegriffen.



Abbildung 5: Luftaufnahme der Standorte der geplanten, grün gekennzeichneten Windenergieanlagen (rechts im Bild) sowie der rot gekennzeichneten Bestandsanlagen. Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. des Radars Brockzetel sind gelb gekennzeichnet.

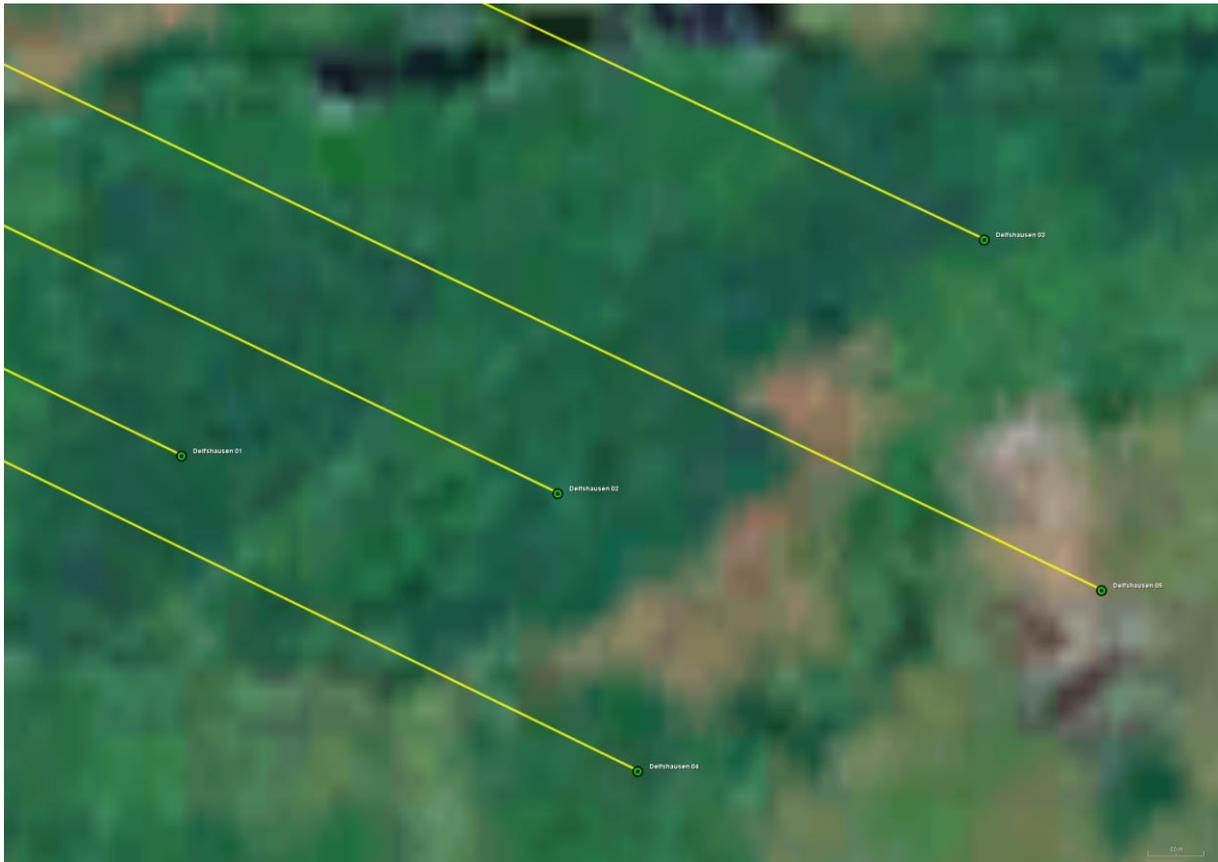


Abbildung 6: Detailansicht der Standorte der geplanten, grün gekennzeichneten Windenergieanlagen. Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. des Radars Brockzetel sind gelb gekennzeichnet.

3.5 Randbedingungen für Analysen zu einem 3D-LV-Radar

In früheren Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, welche räumliche Ausdehnung das Streufeld einer Windenergieanlage typischerweise hat. Sie zeigen, dass sich das Strahlungsfeld in großen Distanzen hinter einer verschattenden Windenergieanlage rekonstruiert. Bei der Beurteilung der Feldstärkeminderung ist daher zwischen dem Primärpfad vom Radarsystem zum Luftfahrzeug und dem Sekundärpfad des Signals vom reflektierenden Luftfahrzeug zurück zum Radarsystem zu unterscheiden. Die Ursache von möglichen Reichweitenreduktionen ist im vorliegenden Fall der durch die Windenergieanlage hervorgerufene Verschattungseinfluss im Sekundärpfad, bzw. die von der Windenergieanlage in Richtung Radarortungsanlage zeigende Verschattungswirkung.

Die Bewertung der Ergebnisse zur Verschattung erfolgt im Hinblick auf die Möglichkeiten einer messtechnischen Erfassbarkeit dieser Einflüsse. Eine Beurteilung, ob diese Einflüsse zu betrieblich relevanten Störungen der Radarortungsanlage führen, erfolgt im Rahmen dieser Untersuchung nicht, da hierzu u. a. eine sehr konkrete Bewertung der Aufgaben des Radarortungssystems erforderlich ist.

Es sei darauf hingewiesen, dass eine Minderung der messtechnisch mit Hilfe von SASS-C ermittelbaren Entdeckungswahrscheinlichkeit zur Überprüfung von Radarverschattungen in der vorliegenden Untersuchung als nicht feststellbar erachtet wird, wenn die Reichweitenminderung geringer ist als der radiale Abstand bzw. Versatz zweier Rangefenster von 5 NM. Das ungestörte Feld dient dabei als Bezug. Die Radarreichweite ist dabei auf 100 % normiert. Die LFZ Position wird in ca. 130 NM angenommen. Eine messbare Beeinflussung liegt danach bei einer Reichweitenminderung auf unter 96,2 % vor. Dieser Wert wird nachstehend als Entscheidungskriterium herangezogen.

Die Auswirkung durch eine oder mehrere Windenergieanlagen wird im dreidimensionalen Raum ermittelt.

Die nachstehende Abbildung 7 stellt schematisch einen zweidimensionalen Flächen-ausschnitt dar, der unter einem Elevationswinkel vom Luftfahrzeug herunter bis zur exakten Höhenposition der Radarantenne zeigt. Als Höhenposition am Ort der Radarortungsanlage wird die Unterkante der Radarantenne gewählt. Alle Feldstärken sind normiert und in dBV/m angegeben.

Die normierten Feldstärkewerte (der Referenzfall ohne WEA) gemäß Abbildung 7 sind die Grundlage für die Untersuchungen. Die analysierten Ergebnisse aus Kapitel 3 sind gültig für Elevationswinkel bei 0,2°.

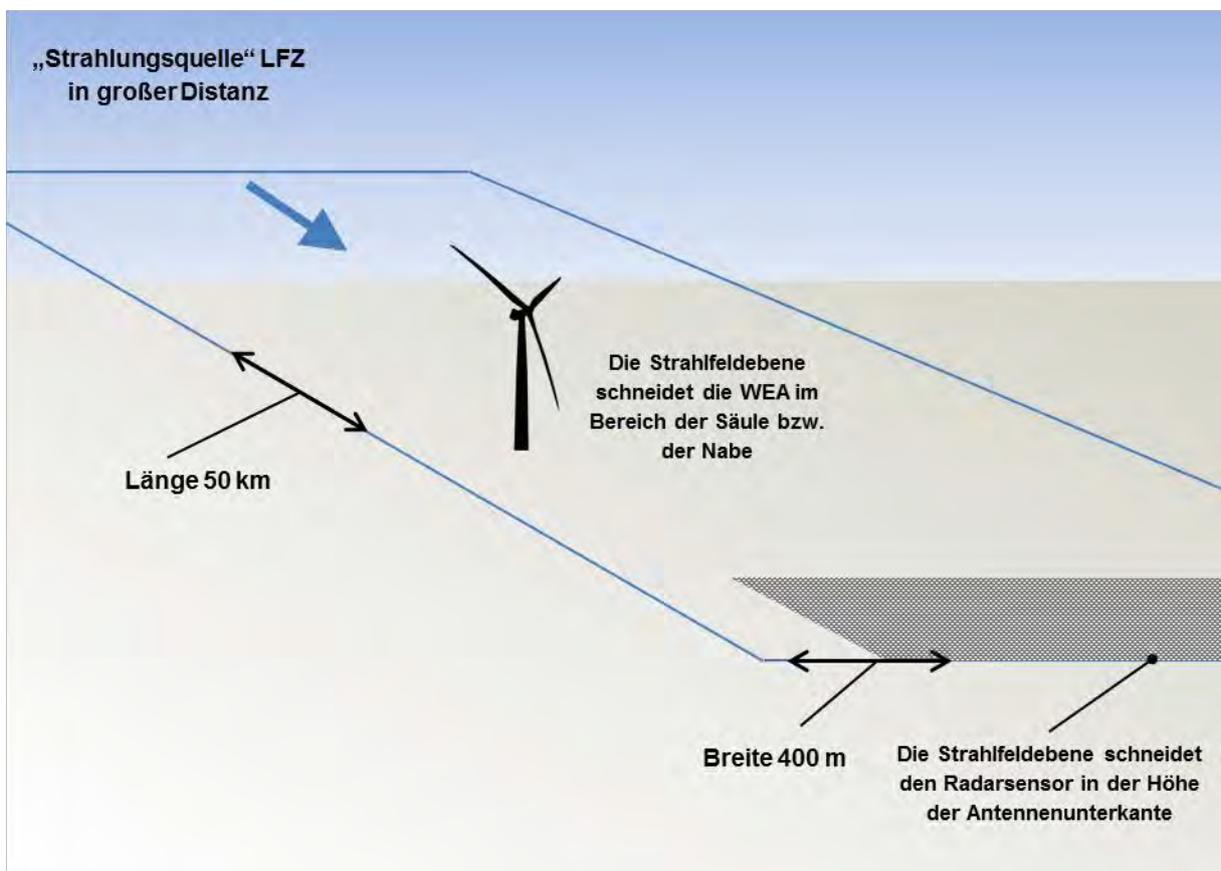


Abbildung 7: Schematische Darstellung: Anordnung von Radar und WEA sowie Lage des in dieser Untersuchung dargestellten Luftraums mit einer Ausdehnung von (hier) 50 km x 400 m Breite. Das LFZ wird in einer Distanz von bis zu 130 NM angenommen.

Untersucht wird das gesamte elektromagnetische Ausbreitungsfeld, das vom erfassten LFZ in großer Distanz zurück zur Radaranlage zeigt („Sekundärpfad“). Bildhaft dargestellt ist in der vorliegenden Untersuchung (wenn nicht anders angege-

ben) stets ein Feldgebiet für den Sekundärpfad im Streckenabschnitt vor der Radaranlage, das das vom LFZ reflektierte Signal zur Radaranlage bis 50 km Längenausdehnung und in einer Breite von 400 m darstellt. Der grau dargestellte Ausschnitt des Feldgebietes wird zusätzlich mehreren Detailanalysen als Variationsrechnung unterzogen, um eine ausreichende Datenbasis für die zu erwartenden Einflüsse auf die Empfangsverhältnisse des Radarsensors zu erhalten.

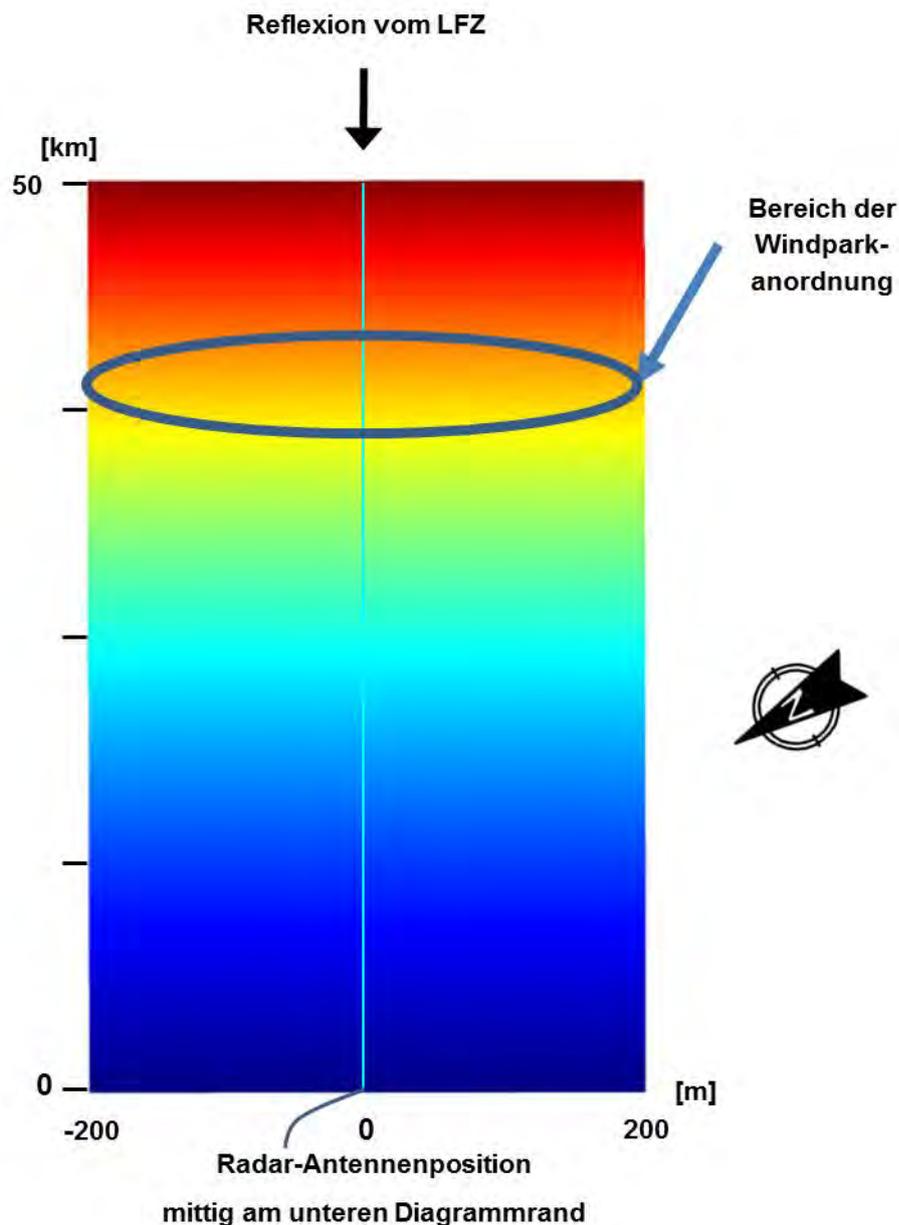


Abbildung 8: Feldgebiet von 50 km x 400 m in der schematischen Übersicht für das Radar Brockzetel

Das Untersuchungsgebiet ist in der Übersicht dargestellt. Der Feldstärkeverlauf ist farblich in verschiedenen Abstufungen angegeben. Der Ort des geplanten Windparks wurde in Abbildung 8 schematisch in der geplanten Distanz zu den Radarsystemen als schwarze Ellipse gekennzeichnet. Die gemittelte Distanz des gesamten zukünftigen Windparks zum Radar Brockzetel liegt bei ca. 42 km.

Durch die Analyse der Feldverteilung im Raum sind Rückschlüsse auf die Rückstreuung, die eine Falschzielerzeugung generieren kann, und Verschattungen, die Zielverluste generieren können, möglich.

Aus der Gesamtanzahl der geplanten und vorhandenen WEA sind exemplarisch die ungünstigsten Anordnungen ausgewählt und unter Berücksichtigung von Wechselwirkungen analysiert worden.

Die Nachbildung der Windenergieanlage erfolgt gemäß Abbildung 4. Die Strahlfeldanalyse erfolgt für die vorgenannten Anlagentypen und Standortkombinationen.

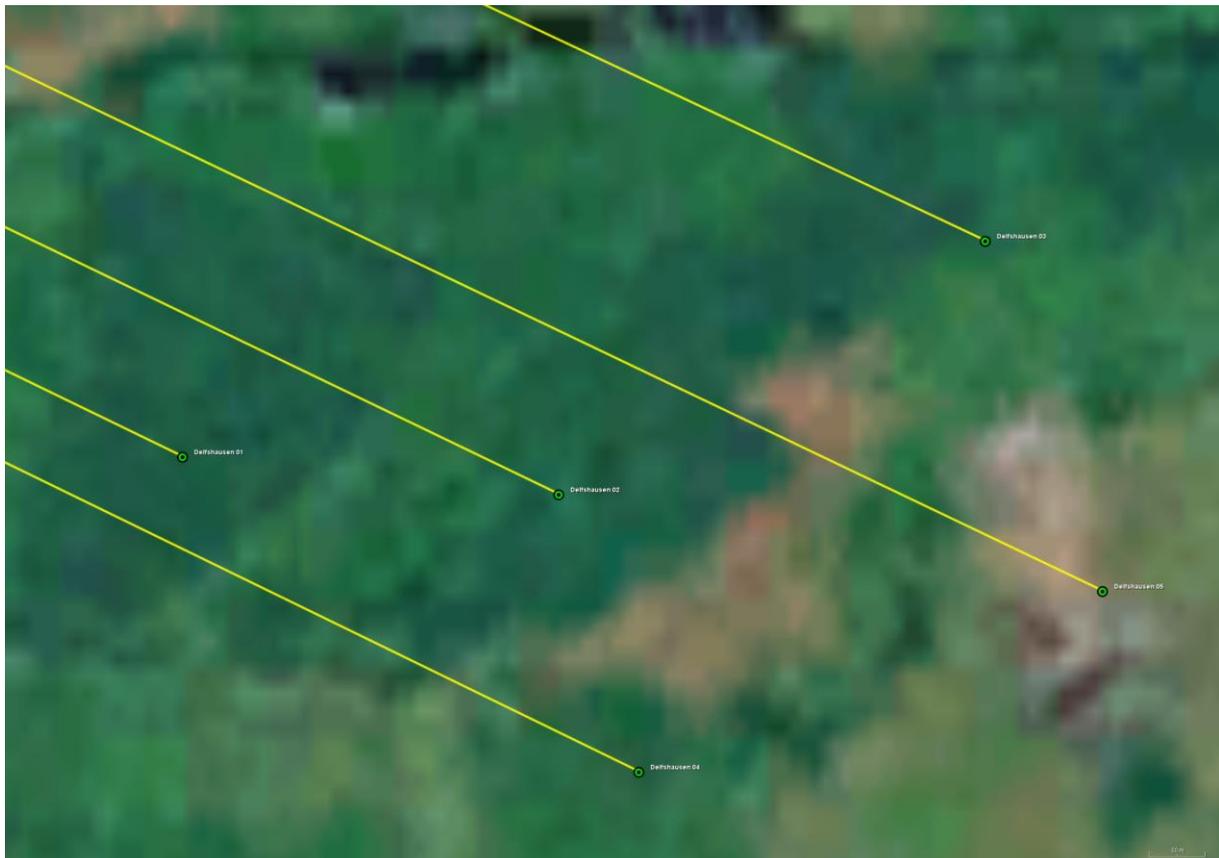


Abbildung 9: Untersuchte Planungsstandorte (grün) mit Radarbezug (gelb)

Die Abbildung 10 gibt die Strahlungsfeldverteilungen als Referenz im Fall ohne Windenergieanlagen zum Vergleich für die Frequenz von ca. 3,1 GHz wieder. Die Werte sind normiert und dienen einer vergleichenden Betrachtung am Ort der Empfangsantenne als Referenzwert.

Bei der Betriebsfrequenz der Radaranlage Brockzetel gilt für den Fall ohne WEA im Rahmen der Simulation zum Strahlungsfeld der Referenzwert von:

-16,227 dBV/m (normierte Empfangsfeldstärke)

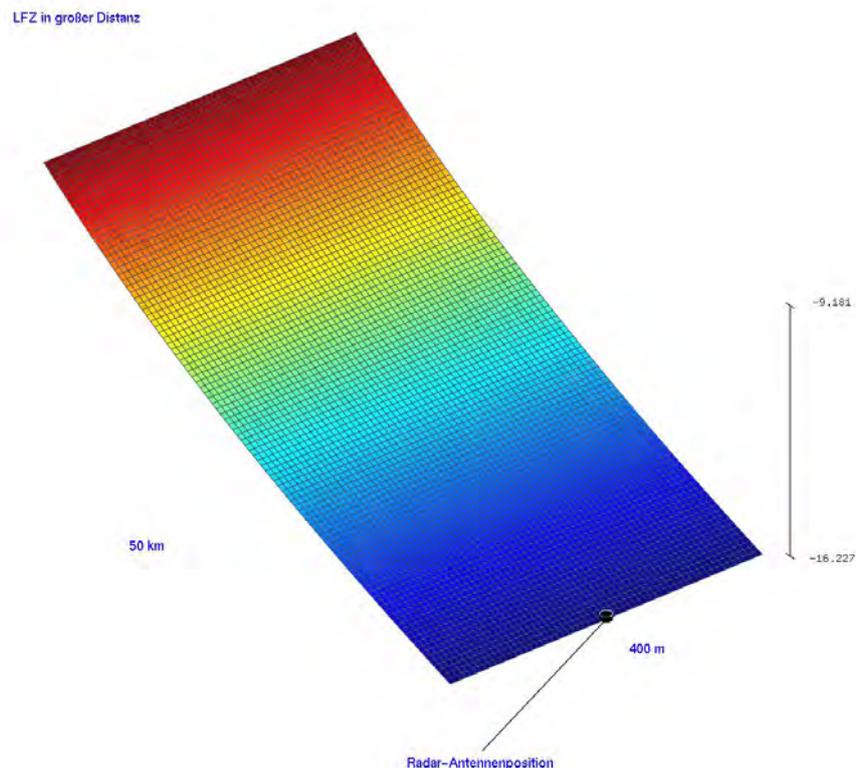


Abbildung 10: Das dargestellte Raumgebiet mit einer Elevation von $0,2^\circ$ ohne WEA-Einfluss sowie ohne Berücksichtigung der Topografie bzw. der relevanten Höhenunterschiede zwischen dem Radarstandort und den geplanten WEA-Standorten in der Konturdarstellung der normierten Feldstärkenverteilung für die Betriebsfrequenz des Radars Brockzetel

Die nachfolgenden Untersuchungsergebnisse unter Berücksichtigung des Einflusses von Windenergieanlagen zeigen am Ort des Radarsensors von den o. g. Werten ohne WEA abweichende, üblicherweise geringere Feldstärkewerte. Diese Differenz der Werte wird in eine zu erwartende äquivalente Reduktion der Reichweite umgerechnet.

3.6 Bewertung des Einflusses von Einzelanlagen und Gruppierungen

Die Nachbildung einer Windenergieanlage erfolgt schematisch betrachtet gemäß Abbildung 4. Die Strahlungsfeldanalyse erfolgt für die vorgenannten Anlagentypen und Standortkombinationen.

Die Ergebnisse gemäß Abbildung 11 geben für die Frequenz von ca. 3,1 GHz der militärischen Radaranlage Brockzetel die Ergebnisse der künftigen Situation für die Anordnung mit den geplanten Windenergieanlagen und den Bestandsanlagen wieder.

Im direkten Vergleich mit der Referenz ohne WEA sind der jeweilige radartechnisch wirksame Verschattungseffekt von einer WEA-Struktur bis zur Radarortungsanlage sowie die von der WEA verursachten Streufelder erkennbar. Deutlich sichtbar wird ebenfalls die unterschiedliche Ausdehnung und Ausprägung des Streufeldes infolge von Reflexions- und Beugungserscheinungen an den verschiedenen WEA-Strukturen in Abhängigkeit von der Distanz zum Radarsensor.

Die Auswertung der Analysen für den Ort der empfangenden Radarortungsanlage erfolgt mittels der Feldpunktgitter, über das die Orte der berechneten Feldstärkewerte festgelegt sind.

3.6.1 Künftige Situation mit den geplanten WEA

WEA-Zehnfachanordnung der geplanten Situation gemäß Tabelle 2. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 39 km zur Radaranlage Brockzetel durchgeführt.

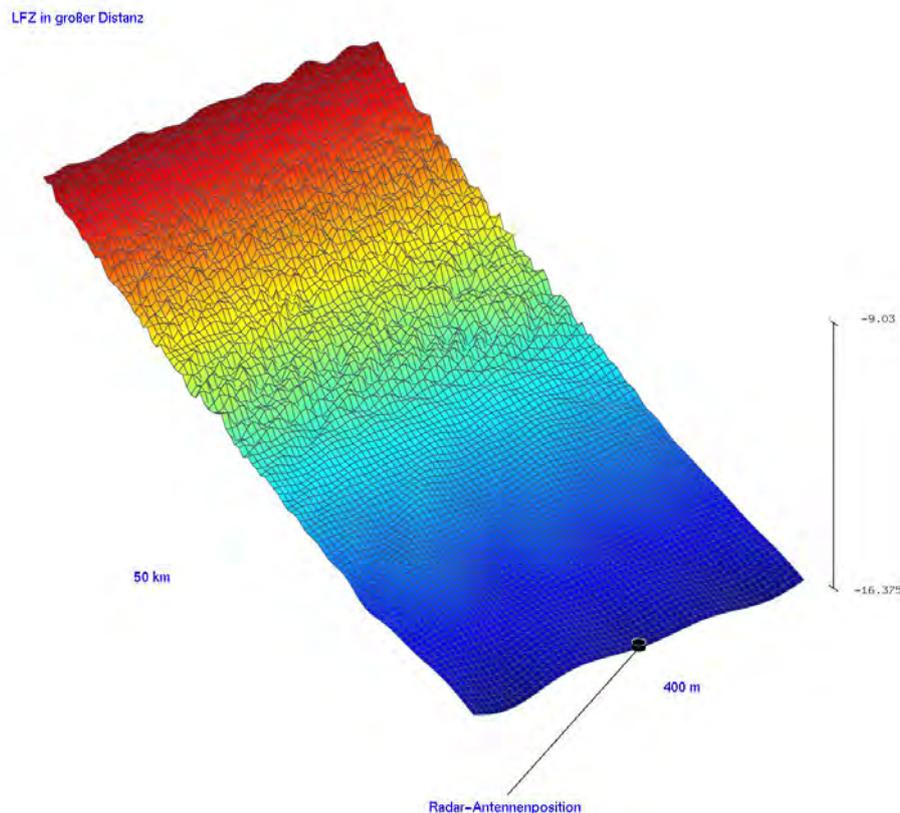


Abbildung 11: Reflexions- und Streufeldausbildung für die geplanten Windenergieanlagen als Zehnfach-Anordnung im Einflussbereich der Radaranlage Brockzetel mit Berücksichtigung der Topografie

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 11 mit $-16,375$ dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß der genannten Kriterien eine Reichweite von

98,31 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar, das Kriterium ist erfüllt.

3.6.2 Bewertung der Darstellung der normierten Feldstärkenverteilungen

Abbildung 10 zeigt als Konturdarstellung den Intensitätsverlauf der Feldstärke des elektromagnetischen Ausbreitungsfeldes. Sie zeigt als Referenz ohne WEA die kontinuierlichen Minderungen der Reflexionsfeldstärke eines vom Radarsensor angestrahlten Flugzeuges. Dabei wird das Luftfahrzeug bei einer Elevation von $0,2^\circ$ gegenüber der Höhenposition der Antenne angenommen.

Bei Berücksichtigung einer oder mehrerer WEA in der geplanten Distanz zum Radarsystem sowie unter Berücksichtigung der geplanten Bauhöhe der WEAs zeigen sich Einflüsse auf die Ausbreitung des elektromagnetischen Feldes. Dabei "greift" das elektromagnetische Feld aufgrund von Beugungs- bzw. Streuprozessen um das Hindernis herum. Es liegt somit im Hochfrequenzfeld keine vollständige Unterdrückung des elektromagnetischen Feldes entsprechend einer geometrischen Verschattung vor.

Abbildung 11 zeigt, dass bei einer Distanz zwischen WEA und Radarstandort von ca. 42 km nur Verschattungserscheinungen vorliegen, die am Ort der Radarantenne einer Reichweitenminderung von 100 % (ideal) auf minimal 98,31 % entsprechen und somit messtechnisch durch Flugvermessungen und Random-Traffic Aufzeichnungen nicht nachweisbar sind. Es zeigen sich weiter Streufelderscheinungen, insbesondere in seitlichen Richtungen. Zugleich ist den Abbildungen zu entnehmen, dass die Analysen in diesen Fällen Reflexionen durch die WEA zeigen, die zurück in Richtung des Luftfahrzeuges wirken.

3.6.3 Beurteilung

Für die Untersuchung der geplanten WEA des Anlagentyps Enercon E-82 E2 mit ca. 108 m Nabenhöhe liegen gemäß den Untersuchungsergebnissen bei Berücksichtigung der Geländetopografie in keinem der untersuchten Fälle Verschattungen und Reichweitenminderungen vor, die das Kriterium von 96,2 % verletzen.

Im direkten Vergleich mit der Referenz ohne WEA sind der jeweilige radartechnisch wirksame Verschattungseffekt von einer WEA-Struktur bis zur Radarortungsanlage sowie die von der WEA verursachten Streufelder im Nahbereich erkennbar. Deutlich sichtbar wird ebenfalls die unterschiedliche Ausdehnung und Ausprägung des Streufeldes infolge von Reflexions- und Beugungserscheinungen an den verschiedenen WEA-Strukturen in Abhängigkeit von der Distanz zum Radarsensor.

Die Auswertung der Analyse für den Ort der empfangenden Radarortungsanlage erfolgt mittels der Feldpunktgitter, über das die Orte der berechneten Feldstärkewerte festgelegt sind.

Die Koordinaten der geplanten WEA sowie die jeweiligen Entfernungen, die Elevation und Azimutwinkelbezüge zum Radar Brockzetel sind der Tabelle 3 zu entnehmen. Die Koordinaten aller in diesem Gutachten relevanten Windenergieanlagen sind im Anhang auf Seite 73 aufgelistet.

Standort	Anlage	WGS 84 Nord	WGS 84 Ost	Nabenhöhe [m]	Elevation [°]	Distanz [m]	Winkel [°]
Delfshausen 01	Enercon E-82 E2	53° 18' 8,66"	8° 14' 3,17"	108,38	-0,0056	42027,17	115,599
Delfshausen 02	Enercon E-82 E2	53° 18' 7,58"	8° 14' 21,07"	108,38	-0,0076	42339,79	115,4425
Delfshausen 03	Enercon E-82 E2	53° 18' 14,86"	8° 14' 41,36"	108,38	-0,0088	42581,02	114,9492
Delfshausen 04	Enercon E-82 E2	53° 17' 59,61"	8° 14' 24,88"	108,38	-0,0085	42511,32	115,6997
Delfshausen 05	Enercon E-82 E2	53° 18' 4,80"	8° 14' 46,94"	108,38	-0,0105	42808,48	115,2659

Tabelle 3: Koordinatenübersicht über die Planungsanlagen des Windparks

Abbildung 12 gibt die Perspektive der geplanten Windenergieanlagen über Azimut und Elevation bzgl. der Gondelpositionen für das Radar wieder. Der Bereich der

gemäß der Ergebnisse nach Abbildung 11 untersuchten Anordnung ist farbig hinterlegt.

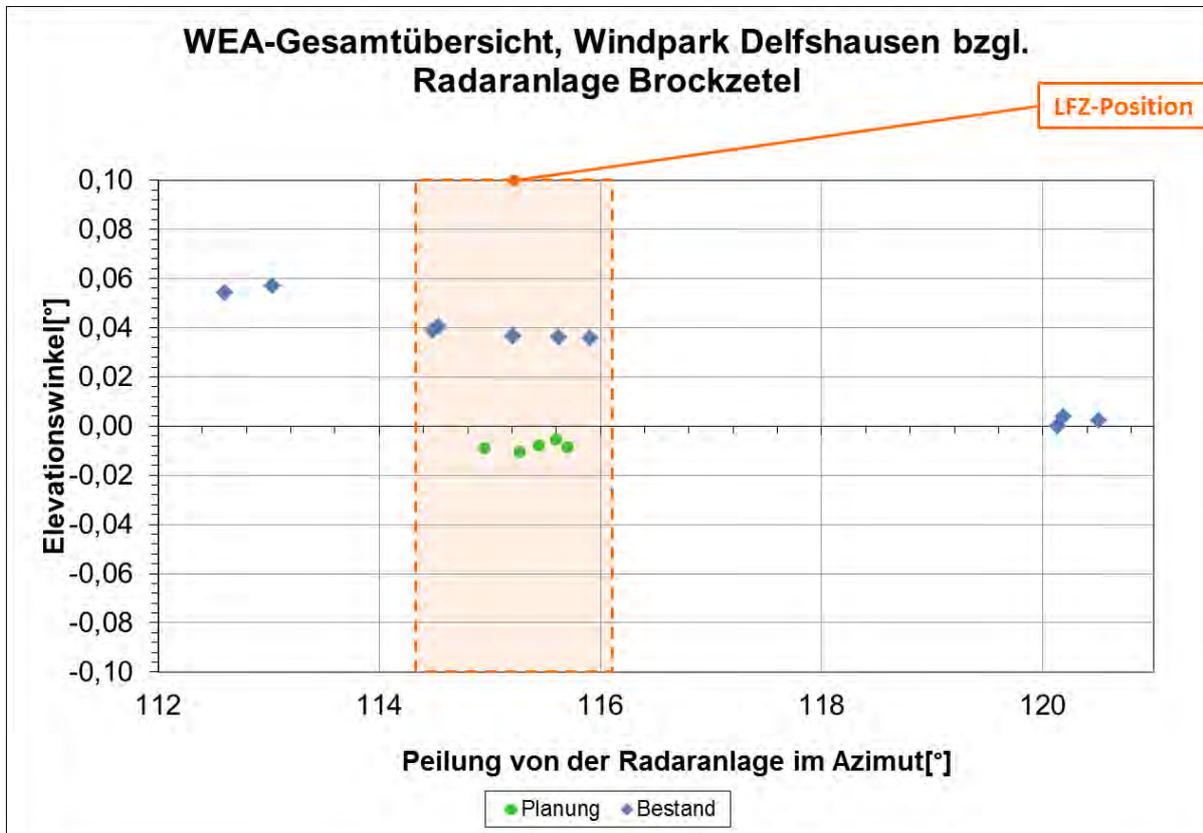


Abbildung 12: Perspektive zur Gondelanordnung gemäß Azimut und Elevation für die Position des Radars Brockzetel. Der Bereich der analysierten Anordnung ist orange gekennzeichnet.

Bei den analysierten Teilanordnungen wird grundsätzlich neben anderen Parametern der Radaranlage stets die Breite der Antennenkeule berücksichtigt. Bei den jeweiligen Teilanalysen wird das LFZ mittig bzgl. des jeweils analysierten Azimutabschnittes in großer Entfernung angenommen und der hervorgerufene Verschattungseinfluss im Sekundärpfad, bzw. die von den Windenergieanlagen in Richtung Radarortungsanlage zeigende Verschattungswirkung, analysiert. Die Auswahl der untersuchten Teilanordnungen basiert auf der Auswertung der geplanten Standorte unter dem Aspekt der geringsten Azimutabstände und der damit verbundenen stärksten Verschattungserscheinungen bzw. Reichweitenminderungen.

Die Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage ist nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz. Insbesondere die Veröffentlichung in öffentlich zugänglichen Medien setzt eine explizite schriftliche Zustimmung durch Airbus Defence and Space voraus. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmuster – Eintragung vorbehalten. Quellenangabe: Alle genutzten Darstellungen sind durch Airbus Defence and Space, bzw. den Bearbeiter erzeugt worden. Bei Luftaufnahmen wird teilweise auf Google Earth Abbildungen zurückgegriffen.

Befindet sich ein LFZ hinter einer WEA-Anordnung mit geringen Azimutabständen, so werden bedingt durch die direkten Verschattungen sowie stärkeren Wechselwirkungen untereinander die größten Verschattungserscheinungen bzw. Reichweitenminderungen auftreten. Verschiebt sich die LFZ-Azimutposition aus diesem Bereich mit geringen Azimutabständen der WEAs heraus, nimmt der Verschattungseinfluss grundsätzlich ab.

Die Detailanalysen, bei denen das LFZ hinter einer WEA-Verdichtung mit geringen Azimutabständen angeordnet ist, geben den jeweiligen Worst-Case-Fall einer Verdichtung wieder. Die Azimutbreite der ausgewählten WEA-Teilanordnungen ist somit nicht zwingend identisch mit der Azimutauflösung des Radargerätes.

Die nachstehende Abbildung 13 zeigt eine Zusammenstellung der Ergebnisse zu den ermittelten Reichweitenminderungen mit Berücksichtigung der Topografie.

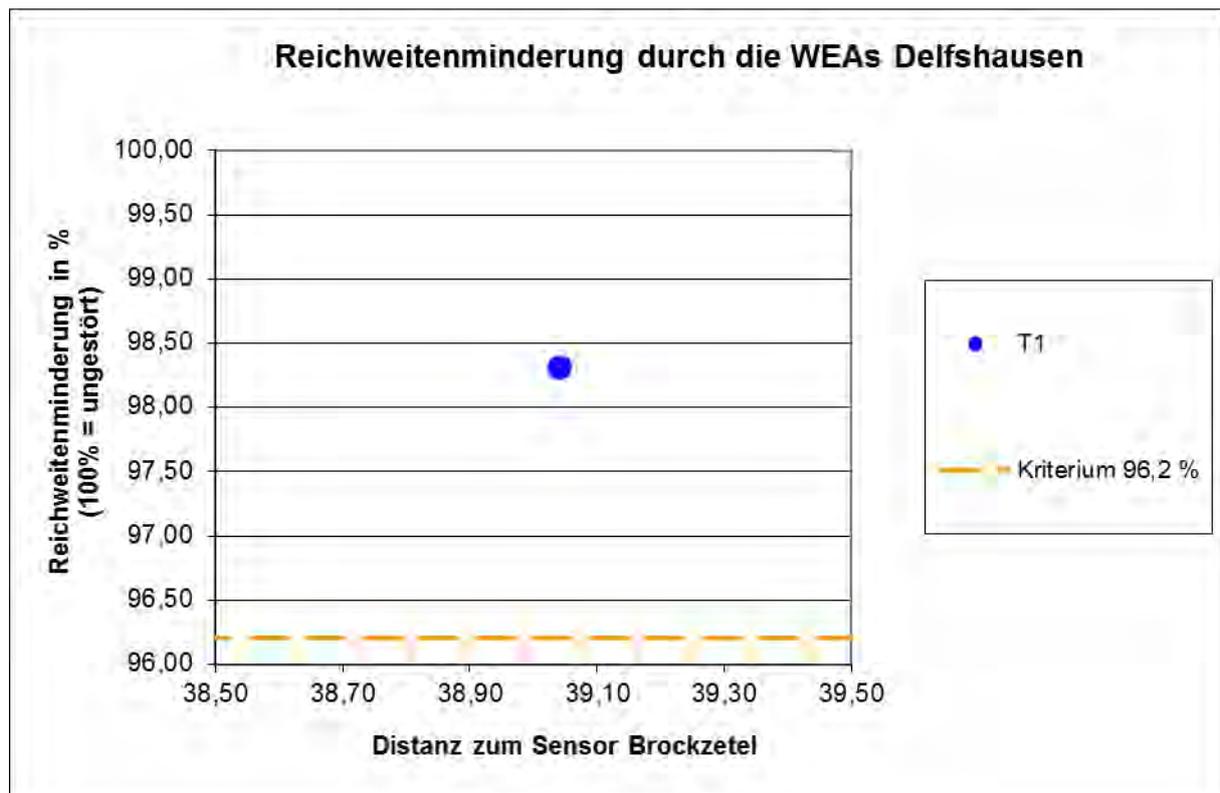


Abbildung 13: Übersicht über die zu erwartende Reichweitenreduktion bei den angegebenen WEA-Konstellationen mit Berücksichtigung der Topografie

4 Aufgabenbeschreibung FS-Radar Wittmund

Beschreibung der grundsätzlichen Problematik:

Beim Überflug über Windparks oder über mehrere Windenergieanlagen zeigen sich selbst bei modernen 2D-Radaranlagen, wie dem ASR-S Schwächungen der Primärzieldarstellung bei der Überwachung von LFZ-Bewegungen oder LFZ-Zielverluste für alle Flughöhen im direkten Umgebungsgebiet um WEAs. Es muss jedoch auch festgestellt werden, dass abhängig von der Verweildauer eines LFZs im entsprechend belasteten Luftraumgebiet oberhalb einzelner WEAs oder kleinerer isoliert stehender Windparks, diese nicht zwangsläufig als Ursache entsprechender Störungen wirksam werden. Abhängig von der zeitlichen Charakteristik der radarwirksamen Reflexionen, der Form und Materialität der Rotorblätter, kann eine deutlich geringere Störwirkung vorliegen.

Dagegen kann durch eine geringe Anzahl zusätzlicher WEAs eine räumliche Verknüpfung bisher „isolierter“ WEA-Gruppierungen geschaffen werden. In diesem Fall wird ein durch Störungen belastetes ausgedehntes Gebiet geschaffen, das vorher nicht wirksam war.

Ursache für mögliche Flugzielverluste ist die intensive Oberflächenreflexion sowie der dynamische RQS-Anteil von sehr großen Bauwerken mit bewegten Komponenten wie z. B. den Rotorblättern von Windkraftanlagen. Die bewegten Komponenten können aufgrund des dynamischen RQS und dessen Dopplercharakters nicht durch Verfahren wie Festzielunterdrückung in einem fest definierten Umgebungsbereich herausgefiltert werden. Dadurch wird eine Flugzielverfolgung / „Trackbildung“ in einem Umgebungsbereich oberhalb des Hindernisses stark eingeschränkt oder sogar fehlerhaft, da der RQS einer WEA den RQS eines LFZ deutlich übertrifft.

Bei LFZs wird daher die Trackbildung bzw. die Primärzieldarstellung deutlich beeinträchtigt, wenn die „Verweildauer“ dieses LFZs im durch die o. g. Reflexionsstörungen betroffenen Gebiet einen ausreichenden Zeitraum, z. B. zwei Antennenumdrehungszeiten, überschreitet. Die Bewertung von WEAs erfolgt unter der Maßgabe, dass die zu betrachtenden Störzellen in einem definierten Polar Flächenraster (DCM-Zellen) vorliegen, welcher auf den Radarstandort ausgerichtet ist.

Die Wirkungsintensität dieser DCM-Zelle wird bestimmt durch die Reflexionsintensität und die bzgl. des Radarstandorts radialen Geschwindigkeitskomponenten des Rotorblattes. Da kleinere WEAs größere Rotorgeschwindigkeiten zeigen, stellt sich die Problematik für unterschiedlich große WEAs sehr ähnlich dar.

Zudem sind die Anzahl und die Anordnung der WEAs innerhalb sowie außerhalb der betrachteten DCM-Zellen maßgeblich.

Eine herabgesetzte Reflektivität oder eine herabgesetzte radiale Geschwindigkeitskomponente der Rotoren der zu berücksichtigenden WEAs mindert zwangsläufig die Wirkungsintensität bzw. Relevanz einer Störzelle.

In diesem Zusammenhang ist die RQS-Bewertung eines WEA-Typs von besonderer Bedeutung, da bei einer WEA bauartbedingt nicht zwangsläufig eine 100%-ige Störwirkung angenommen werden kann.

Die DCM-Zelle mit $1,8^\circ$ Breite und einer ca. 300 m großen radialen Ausdehnung (bei Entfernungen von weniger als 12,3 km beträgt die Dimension der DCM-Zellen ca. $300\text{ m} \times 3,6^\circ$) im Bereich des Windparks beim ASR-S, ist in allen Flughöhen wirksam. Eine Filterung auf der Grundlage der charakteristischen Störeinflüsse der Windenergieanlagen unter Berücksichtigung des dynamischen Radarquerschnittes ist bisher mit 2D-Radaranlagen nicht möglich.

Im Hinblick auf moderne künftige Flugsicherungsradaranlagen kann eine Verbesserung der Primärzieldarstellung durch Verfahren wie

- verbesserte Tracker-Routinen,
- verbesserte räumliche Auflösung, sowie
- „adaptives Beamforming“

erwartet werden.

Aufgrund fehlender messtechnischer Nachweise unter betrieblichen Bedingungen wird bei der vorliegenden Windparkbewertung auf diese künftigen Möglichkeiten nicht zurückgegriffen.

Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass im Falle radarreflexionsarmer Rotorblätter bei WEAs die Voraussetzungen für eine gute Wirksamkeit WEA-optimierter „Tracker-Routinen“ gegeben wird, da die Intensitätsunterschiede zwischen dem dynamischen RQS eines WEA-Rotors und einem LFZ in gleicher Distanz und Richtung ausreichend herabgesetzt sind.

5 Untersuchungsverfahren FS-Radar Wittmund

Für die vorliegende Untersuchung der WEA-Anordnung im Gebiet DEWI-Testfeld wird ein Bewertungsverfahren zugrunde gelegt, das sich auf die Auswertung von Beobachtungen des ASR-S auf der Grundlage heute bekannter Parameter stützt.

Bewertungsprozedur:

1. Um jede WEA wird als ein möglicher Ort für Reflexionen ein Ortskreis mit der Größe des Rotordurchmessers angelegt.
2. Das Umgebungsgebiet um einen Radarstandort wird ab einer Entfernung zwischen 12,3 km und 70 km zum Radargerät in einem polaren Koordinatensystem durch DCM-Zellen mit jeweils 299,7 m radialer Ausdehnung, sowie mit einer Azimutausdehnung von $1,8^\circ$ – bezogen auf den Radarstandort – gegliedert. Bei Entfernungen von weniger als 12,3 km beträgt die Dimension der DCM-Zellen $299,7 \text{ m} \times 3,6^\circ$.
3. Jede DCM-Zelle in dem sich der Ortskreis einer Windkraftanlage befindet, sowie die beiden benachbarten Zellen im Azimut werden markiert. Die Festlegung, ob eine derart markierte DCM-Zelle als Störzelle interpretiert wird, setzt eine ausreichende Reflexionsintensität, d. h. „Radarquerschnitt“ der WEAs voraus, vgl. hierzu Kapitel 6.
4. Für jede markierte DCM-Zelle wird die Wahrscheinlichkeit der Darstellung eines LFZ mit einem Radarrückstreuquerschnitt von 1 m^2 und 3 m^2 ermittelt und anschließend in einer Grafik farbig kodiert.
5. Es werden vier verschiedene Überflugpfade über das Gebiet mit farbig kodierten DCM-Zellen gelegt. Dabei werden bezogen auf das Radargerät ein Überflug Radial, einer Tangential und zwei unterschiedliche Diagonalüberflüge betrachtet. Die einzelnen Überflugpfade werden derart gewählt, dass jeweils die größte Lateraldimension der Störzellen der geplanten WEA abgedeckt wird.

Diese Überflugpfade stellen damit ein sogenanntes „Worst-Case“-Szenario dar. Als Referenzgeschwindigkeit eines LFZ wird 180 km/h gewählt. Damit sind die typischen Reisefluggeschwindigkeiten auch kleiner LFZ berücksichtigt.

6. Für jeden Überflugpfad wird die Zielverlustwahrscheinlichkeit an diskreten Punkten berechnet. Die für die Bewertung angenommene LFZ-Überfluggeschwindigkeit beträgt hierbei 180 km/h (50 m/s). Eine Zielverlustwahrscheinlichkeit von 50 % sollte hierbei nicht überschritten werden.
7. Zulässig sind Erfassungsverluste bei maximal zwei direkt aufeinander folgenden Antennenorientierungen in Richtung WEA oder Windpark.
8. Die räumliche Separation zu einer benachbarten WEA-Gruppierung muss einen Abstand zeigen, der über mindestens drei Antennenumdrehungen eine störfreie neue Detektion des LFZ gewährleistet.

Bei Windenergieanlagen mit sehr großen Rotordurchmessern von über 100 m und geringerer Rotordrehzahl wurde festgestellt, dass eine durchgehende Störung trotz eines sehr großen Radarquerschnittwertes infolge langsamer Drehgeschwindigkeiten des Rotors bei bestimmten Windrichtungen nicht gegeben ist. Die Störwirkung ist in dem Fall herabgesetzt.

Wird die vertikale Orientierung eines Rotorblattes ausgeschlossen, liegt in dem Fall ein offenbar ausreichend reduzierter dynamischer Radarquerschnitt bzw. Radarreflexionsintensität vor. Dadurch ist der zulässige Grenzwert für die Reflexionsintensität festgelegt. Eine WEA, deren dynamischer Radarquerschnitt diesen Grenzwert nicht überschreitet, generiert keinen zusätzlichen Störeinfluss.

6 Radarquerschnittanalyse

Der dynamische Radarquerschnitt zeigt abhängig von der Orientierung der Rotorblätter während der Umdrehung sehr unterschiedliche Werte, die bei vertikaler Orientierung eines Rotorblattes oder einer Rotorblattkante stets einen maximalen Reflexionswert für die z. B. bei vertikaler Polarisierung arbeitende Radarantenne zeigen.

Der RQS bzw. Rückstrahlfläche eines Objektes ist eine objektspezifische Größe, die für die Entdeckungswahrscheinlichkeit eines Objektes durch ein Radargerät ein wesentlicher Parameter ist. Sie ist abhängig von der Kubatur und der Wellenlänge bzw. vom Verhältnis der Strukturabmessungen des Körpers zur Wellenlänge. Quantitativ gibt der Radarquerschnitt eine effektive Fläche an, die die einlaufende Welle einfängt und isotrop in den Raum abstrahlt.

Der Radarquerschnitt σ ist definiert als

$$\sigma = 4\pi R^2 \frac{P_s}{P_i}$$

Dabei ist P_i die Leistungsdichte auf dem Radarziel und P_s die gestreute Leistungsdichte in einem Abstand R vom Radarziel.

Für eine WEA erfolgt die Berechnung des RQS auf der Grundlage einer computer-gestützten 3D-CAD Nachbildung gemäß beigestellter Konstruktionsunterlagen des Herstellers. Der RQS ist nur gültig für die Untersuchungsfrequenz sowie die angegebene nachgebildete Objektkubatur bzw. Oberflächenformgebung und Dimension unter Berücksichtigung der Materialien und Bauweisen sowie ggf. Mehrfachreflexionen zwischen Oberflächensegmenten.

Zur Gegenüberstellung mit einer WEA sind zur Orientierung typische RQS-Werte von Objekten nachstehend angegeben:

Vogel $\approx 0,01 \text{ m}^2$

Mensch $\approx 1 \text{ m}^2$

Einmotoriges Sportflugzeug ... leichtes Jagdflugzeug $< 3 \text{ m}^2$

schweres Kampfflugzeug $< 5 \text{ m}^2$

Verkehrsflugzeug $\approx 40 \text{ m}^2$

Jumbojet / A 380 $\approx 100 \text{ m}^2$

Für ein großes Kampfflugzeug kann in dem Zusammenhang ein RQS von 5 bis 6 m^2 angegeben werden. Ein Transportflugzeug zeigt einen RQS in der Größenordnung von ca. 100 m^2 , ein kleines Passagierflugzeug zeigt einen RQS von ca. 10 m^2 , ein Mensch/Ultraleichtfluggerät zeigt einen RQS in der Größenordnung von ca. 1 m^2 .

6.1 Ermittlung des RQS der WEA

Die Ermittlung des RQS berücksichtigt die nachstehenden technischen Aspekte:

1. Die Objektstruktur einer WEA wird von der elektromagnetischen Welle nicht kohärent (phasengleich) erreicht. Grundsätzlich liegen gekrümmte Wellenfronten vor. Eine phasengleiche Erfassung eines Abschnittes eines Rotorblattes zum Beispiel liegt vor, wenn die Distanzunterschiede kleiner sind als $1/8$ der Wellenlänge.

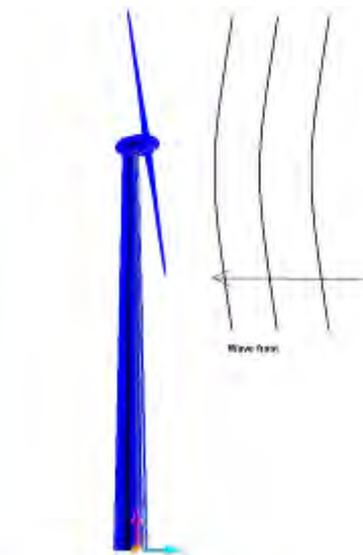


Abbildung 14: Schemabild zur Wellenfront.

2. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass die Radareinstrahlung auf die Windenergieanlage durch die Hauptkeule / Hauptrichtung innerhalb der Hauptkeule nicht mit gleicher Intensität erfolgt. Die Breite der Hauptkeule (Half power beam) wird für ca. 2,7 GHz-Systeme mit ca. 3° Breite angenommen. So liegt bei ca. 13 km Distanz eine Fläche von ca. 680 m Durchmesser im Raum vor.

Die Ermittlung des $RQS_{dyn.}$ der Rotoren für die geplanten Windenergieanlagen wurde nachstehend für eine Frequenz von ca. 2,7 GHz ermittelt. Der RQS über ϕ/deg wird für eine vollständige Rotordrehung stets zwischen 0° und 360° bei einem Elevationswinkel von 0° bzgl. der Radarantenne und Rotornabe dargestellt. Der Winkel zwischen Rotorachse und dem Richtungsvektor zur Radaranlage ist bei den nachfol-

genden Ergebnissen mit 280° angenommen, da dieser Fall die Situation für die Berücksichtigung der Hauptwindrichtung im Windpark darstellt.

Die Abbildung 15 und Abbildung 16 geben beispielhaft einen WEA-Rotor aus zwei verschiedenen Perspektiven an.

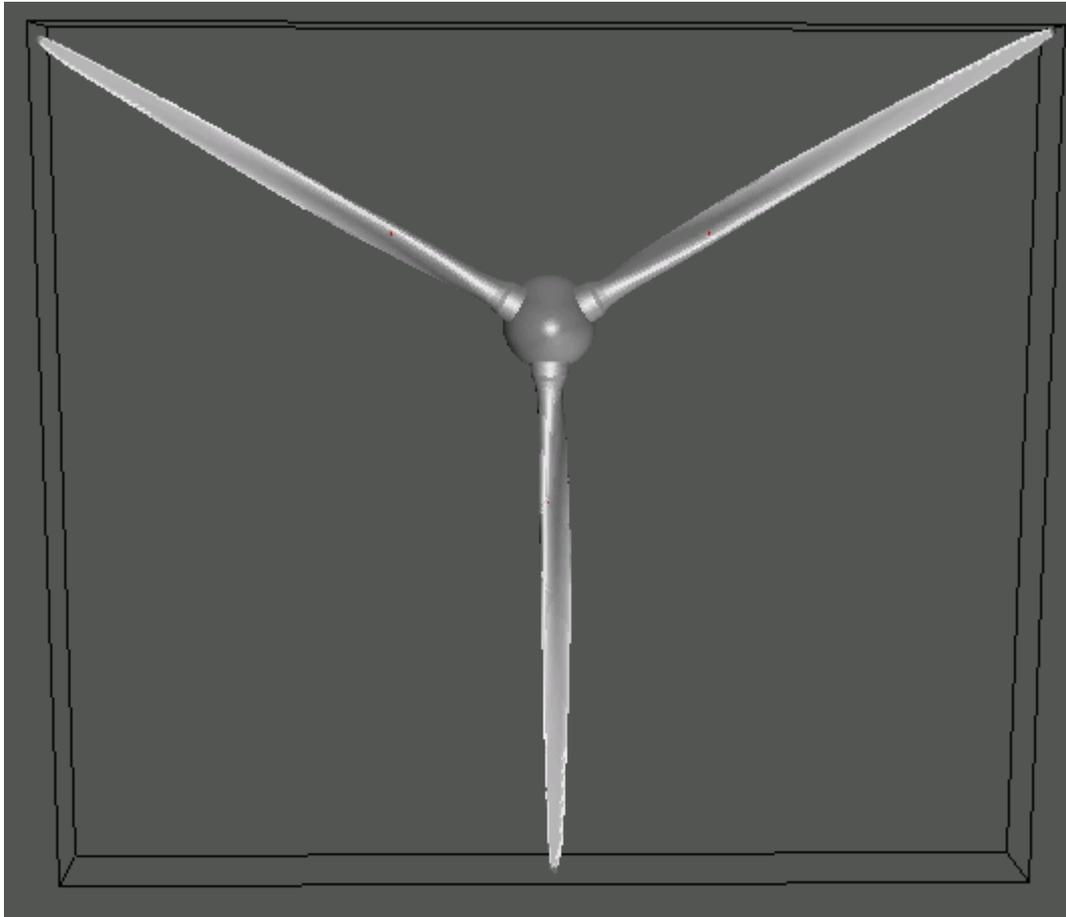


Abbildung 15: Rotoransicht bei 0° Winkel zwischen Rotorachse und Bezugsrichtung zum Radar

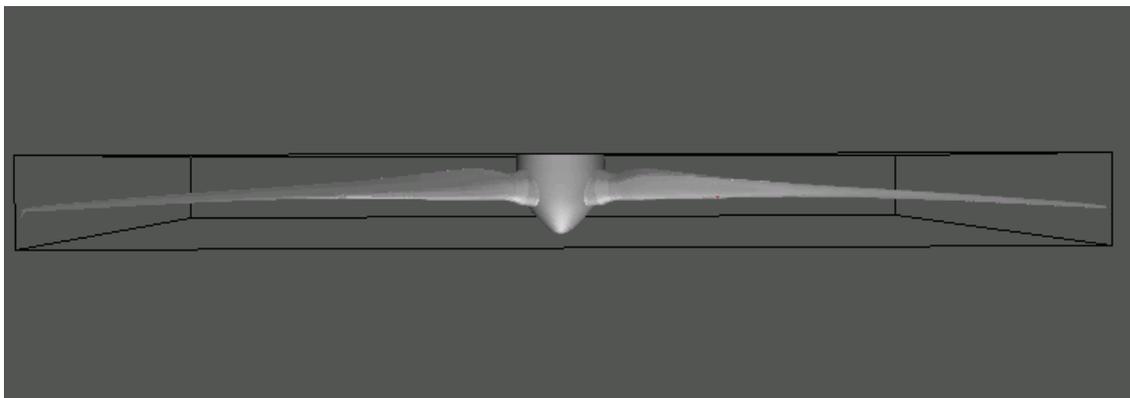


Abbildung 16: Rotoransicht bei 90° Winkel zwischen Rotorachse und Bezugsrichtung zum Radar

Dabei wird die Oberfläche der Objektstruktur durch eine ausreichend große Anzahl ebener Dreieckflächenelemente nachgebildet – „trianguliert“. Zur Vermeidung unphysikalischer singulärer Einzelwerte, die bei jeweils rot angegebenen RQS-Rohdaten vorliegen, wird zur Bewertung ein Winkelintervall über 2° festgelegt. Die Mittelwerte aus diesem Bereich sind durch die blaue Linie gekennzeichnet und werden nachfolgend zur Beurteilung herangezogen.

Die berücksichtigten Dimensionen für die geplanten Anlagen Enercon E-82 E2 sind:

- Rotordurchmesser: max. ca. 82 m
- Säulenquerschnitt oben: ca. 2,4 m
- Gondeldimension: ca. 5,53 x 11,57 m
- Betriebsrotordrehzahl: 6,0-18,5 U/min

Unter Berücksichtigung der Antennenumdrehungszeit des Radarsystems ASR-S ist die Möglichkeit einer Detektion der WEA mit einer zeitlichen Rate von ca. 5 Sekunden gegeben. Zugleich muss für die Reflexionsintensität der WEA eine ausreichende Intensität vorliegen. Diese unterliegt unter Berücksichtigung der Rotordrehzahl ebenfalls einer zeitlichen Änderung.

Enercon E-82 E2:

Monostatischer RQS von WEA E82
 $f = 2.7$ GHz; $\theta = 90.0$ Grad; $\phi = 280.0$ Grad; Polarisation VV;
Medianwert ueber ein Winkelintervall von 2 Grad

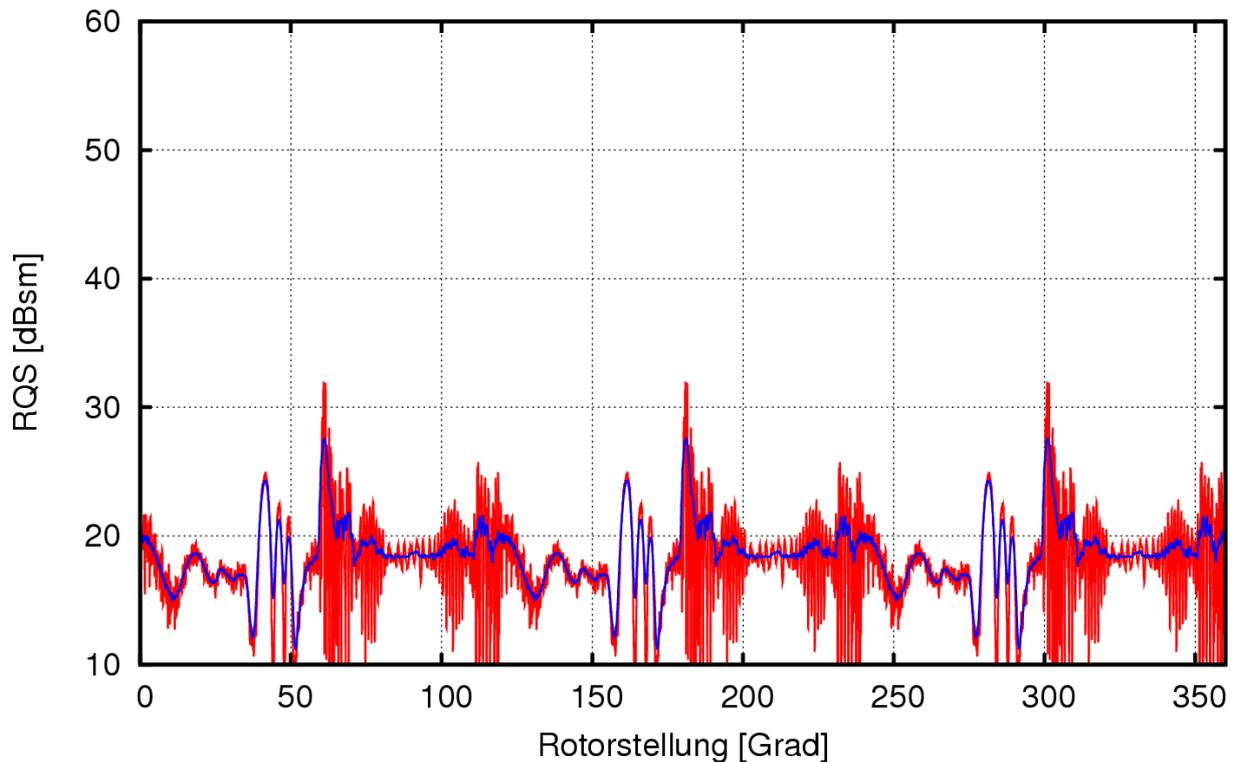


Abbildung 17: $RQS_{dyn.}$ über eine Rotordrehung für den geplanten Typ Enercon E-82 E2

7 Bewertung des Gesamteinflusses der WEA-Gruppe bzgl. „Störzellen“

Ein Radargerät vom Typ ASR-S besitzt zur Unterdrückung von stationären Zielen „mit Dopplerverschiebung“ eine sogenannte Doppler-Clutter-Map (DCM-Map). Jede dieser DCM-Zellen hat in einer Entfernung zwischen 12,3 km und 70 km zum Radargerät eine Ausdehnung von ca. 300 m im Radial und 1,8° im Azimut – bezogen auf den Radarstandort. Bei Entfernungen von weniger als 12,3 km beträgt die Dimension der DCM-Zellen ca. 300 m x 3,6°. Zur Ermittlung der Luftraumgebiete (DCM-Zellen), in denen ein möglicher Zielverlust nicht ausgeschlossen werden kann, wird nicht nur der Standort der WEA-Säule selbst betrachtet, sondern es wird zusätzlich um jeden WEA-Standort ein „Ortskreis“ mit der Größe des Rotordurchmessers eingetragen. Hierdurch werden alle potentiellen Reflexionsorte vom Rotor berücksichtigt.

Nachfolgend wird für jede betroffene DCM-Zelle, sowie die seitlich jeweils angrenzenden Zellen, die Darstellungswahrscheinlichkeit für bestimmte Radarrückstreuquerschnitte des Ziels berechnet. Die Darstellungswahrscheinlichkeit eines LFZ mit einem RQS von 1 m² bzw. 3 m² für jede betroffene DCM-Zelle ist im Kapitel 7.2 dargestellt.

Über diese betroffenen DCM-Zellen werden verschiedene Flugpfade gelegt. Die gewählten Flugpfade stellen jeweils die ungünstigsten Überflugpfade für die jeweilige Überflugrichtung dar, die bezogen auf die Störzellenanordnung möglich ist. Es sei darauf hingewiesen, dass abhängig vom Flugpfad im Detail deutlich unkritischere Überflugszenarien vorliegen. In der Regel hat eine Abweichung vom hier angenommenen Worst-Case-Überflugpfad eine oft sogar deutlich günstigere Situation zur Folge, bezogen auf die resultierende Störwahrscheinlichkeit. Oft sind Abweichungen von nur 50 m bis 100 m ausreichend, um die Problematik entscheidend zu entschärfen. Dies gilt in umso höherem Maße bei separiert gelegenen Störzellen und umso weniger, je verdichteter das Störzelligebiet beschaffen ist.

Die Überflugpfade kennzeichnen infolge der festgelegten Überfluggeschwindigkeit von 50 m/s durch blaue Punkte die Detektionsereignisse, die infolge der zeitlichen Abtastung durch die drehende Radarantenne möglich sind. Der Abstand der Detektionspunkte kann beim ASR-S mit 250 m angegeben werden.

Eine vergleichbare Überflugbetrachtung für eine deutlich höhere Überfluggeschwindigkeit von z. B. 100 m/s \approx 360 km/h kann bei ausschließlicher Betrachtung des jeweils zweiten blauen Punktes erfolgen.

Für die vorliegende WEA-Anordnung werden vier verschiedene Überflugpfade jeweils in unterschiedlichen Richtungen analysiert. Die einzelnen durch WEAs belasteten Störzellen bilden eine gemeinsame Störzone. Einschwenkvorgänge wurden ebenfalls untersucht, führen im vorliegenden Fall jedoch nicht zu abweichenden Ergebnissen, da die gewählten Überflugpfade die ungünstigsten Situationen wiedergeben.

Die Bewertung der einzelnen Überflugszenarien entlang der gekennzeichneten Flugpfade orientiert sich an den blau gekennzeichneten Detektionsorten. An diesen Orten wird für die Überflugbewertung die LFZ-Position angenommen, an der ein LFZ durch die Radarortungsanlage erfasst und ggf. zeit- und ortsgleich mit der nächstgelegenen Windenergieanlage detektiert wird. Diese zeit- und ortsgleiche Detektion kann zu einem LFZ-Zielverlust mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit führen, die sehr stark durch die Störintensität der Windenergieanlagen bestimmt wird.

Der Flugpfad eines LFZ unterliegt beim Überflug in das Luftraumgebiet oberhalb der Windenergieanlagen gemäß den Forderungen und Festlegungen der Flugsicherung ab der dritten durch eine WEA gestörten Detektion einer unbestimmten Verlustwahrscheinlichkeit bzgl. der LFZ-Zielerkennung.

Weiter kann auf dieser Grundlage eine Aussage getroffen werden, mit welcher Wahrscheinlichkeit grundsätzlich von einem Zielverlust sowie einem Trackverlust während eines Überfluges ausgegangen werden kann. Nach einem Trackverlust sind in direkter Folge drei ungestörte Detektionseignisse notwendig, um eine neue LFZ-Trackgenerierung zu ermöglichen.

Abhängig von der Störintensität und der Länge des Flugpfades oberhalb eines Windenergieanlagengebietes ist weiter eine Aussage möglich, mit welcher Wahrscheinlichkeit Zielverluste unterschiedlicher Länge – zeitlich und räumlich – zu erwarten sind. Insbesondere bei der Planung von zusätzlichen Windenergieanlagen im räumlichen Zusammenhang mit bestehenden Anlagen oder bei Repowering-Vorhaben kommt diesem Aspekt eine besondere Bedeutung zu, um die Änderung und die Auswirkung für die Flugsicherung zu beurteilen:

- Der Zeitabschnitt eines LFZ-Zielverlustes ist somit nicht zwangsläufig identisch mit dem Zeitraum, den ein LFZ für den Überflug über ein Störzallengebiet benötigt.
- Auch sind die notwendigen Separationsabstände zwischen benachbarten WEA-Gebieten ebenfalls nicht identisch mit drei Detektionsabständen.

Beide Sachverhalte werden durch die Störintensität der einzelnen WEA und deren räumlicher Anordnung bestimmt, die räumliche Lücken bei den Störzellen bewirken können.

Diese Ergebnisse sind nachstehend für jedes Überflugszenario angegeben.

7.1 Bewertung bzgl. der Radaranlage vom Typ ASR-S

Zur Darstellung der geplanten Situation nach Errichtung aller Windenergieanlagen wird für jede WEA als ein möglicher Ort für Reflexionen ein Ortskreis mit der Größe des Rotordurchmessers angelegt und in Form eines Kreises um den Mittelpunkt des WEA-Fußpunktes dargestellt.

Das Umgebungsgebiet um einen Radarstandort wird ab einer Entfernung zwischen 12,3 km und 70 km zum Radargerät in einem polaren Koordinatensystem durch DCM-Zellen mit jeweils ca. 300 m radialer Ausdehnung, sowie mit einer Azimutausdehnung von $1,8^\circ$ – bezogen auf den Radarstandort – gegliedert. Bei Entfernungen von weniger als 12,3 km beträgt die Dimension der DCM-Zellen ca. $300\text{ m} \times 3,6^\circ$.

Jede DCM-Zelle in dem sich der Ortskreis einer Windkraftanlage befindetet, sowie die beiden benachbarten Zellen im Azimut werden markiert. Die Festlegung, ob eine derart markierte DCM-Zelle als Störzelle interpretiert wird, setzt eine ausreichende Reflexionsintensität, d. h. „Radarquerschnitt“ der WEAs voraus.

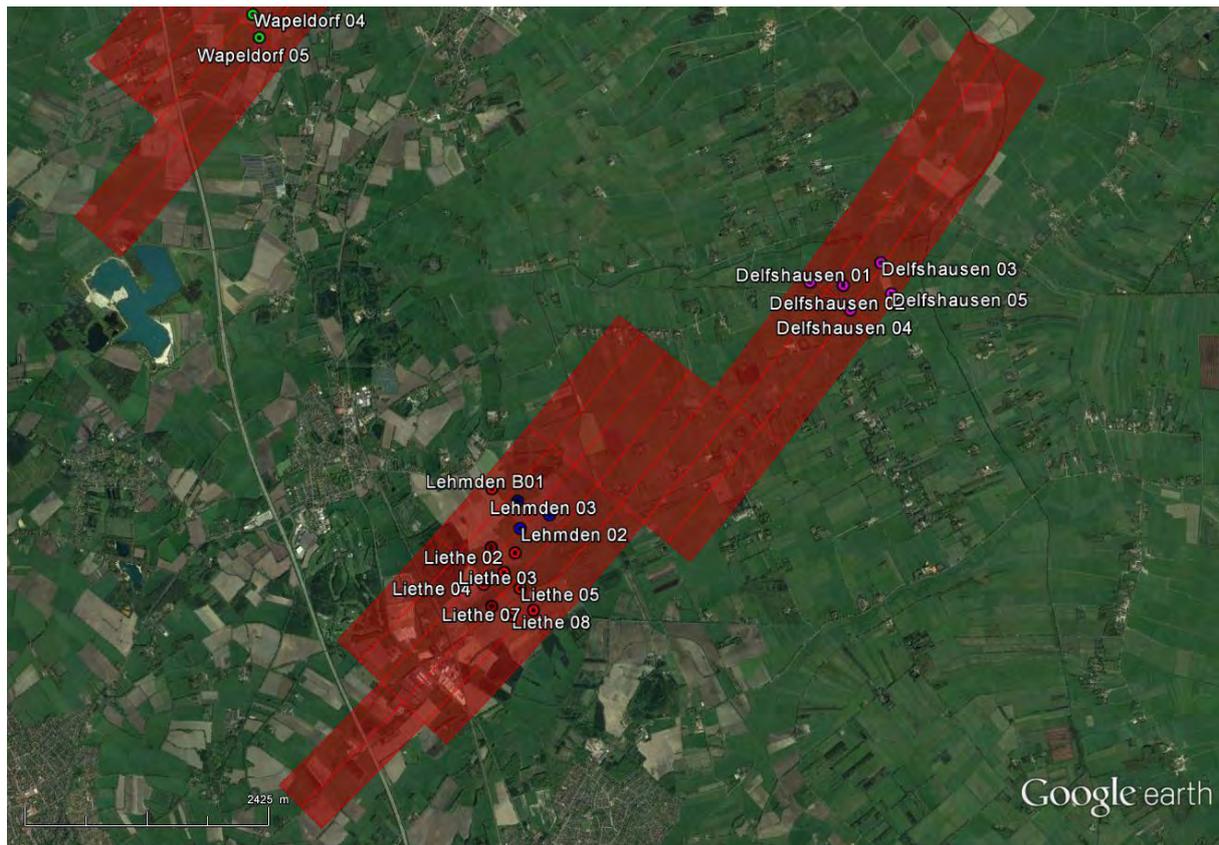


Abbildung 18: Übersicht über die Gesamtanordnung der geplanten WEA (magenta) sowie der Vorbelastung (rot/grün/blau). Die betroffenen DCM-Zellen bezüglich des Radars Wittmund sind rot gekennzeichnet. Die Ortskreise um jede WEA sind in der jeweiligen Farbe visualisiert.

7.2 Geplante Situation

Die Abbildung 19 und die Abbildung 20 zeigen die geplante Situation. Die farbige Kodierung der Darstellungswahrscheinlichkeit eines LFZ mit einem Radarrückstreuquerschnitt von 1 m^2 ist in Abbildung 19 dargestellt. Die Abbildung 20 zeigt die Darstellungswahrscheinlichkeit eines LFZ mit einem Radarrückstreuquerschnitt von 3 m^2 .

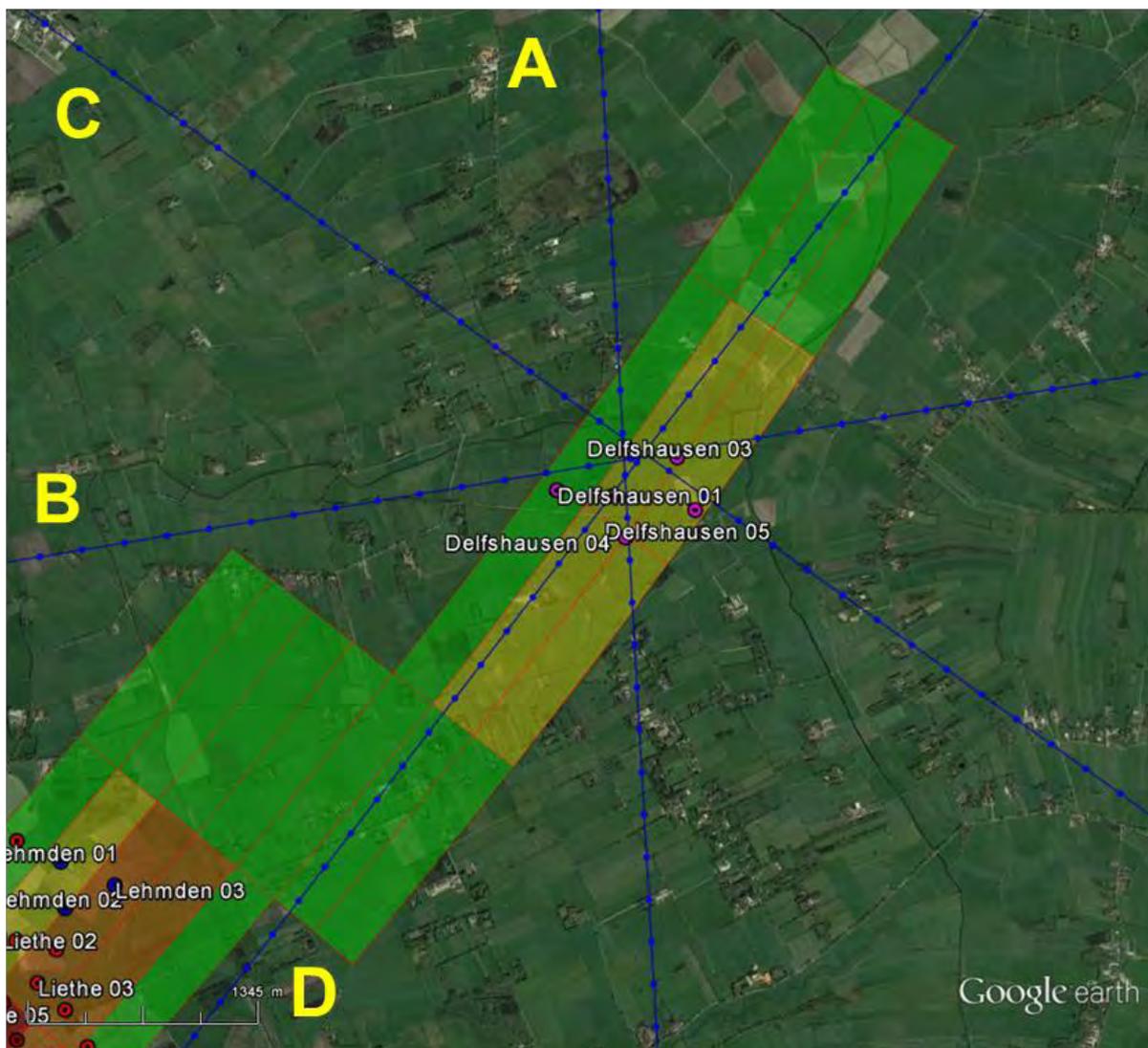


Abbildung 19: Übersicht über die geplante Situation. Farblich kodiert sind die DCM-Zellen nach der Wahrscheinlichkeit der Darstellung eines **LFZ mit einem RQS von 1 m^2** . Zusätzlich sind die „Worst-Case“-Überflugpfade durch blaue Linien dargestellt. Die Ermittlung der Zielverlustwahrscheinlichkeit erfolgt an den blauen Punkten.

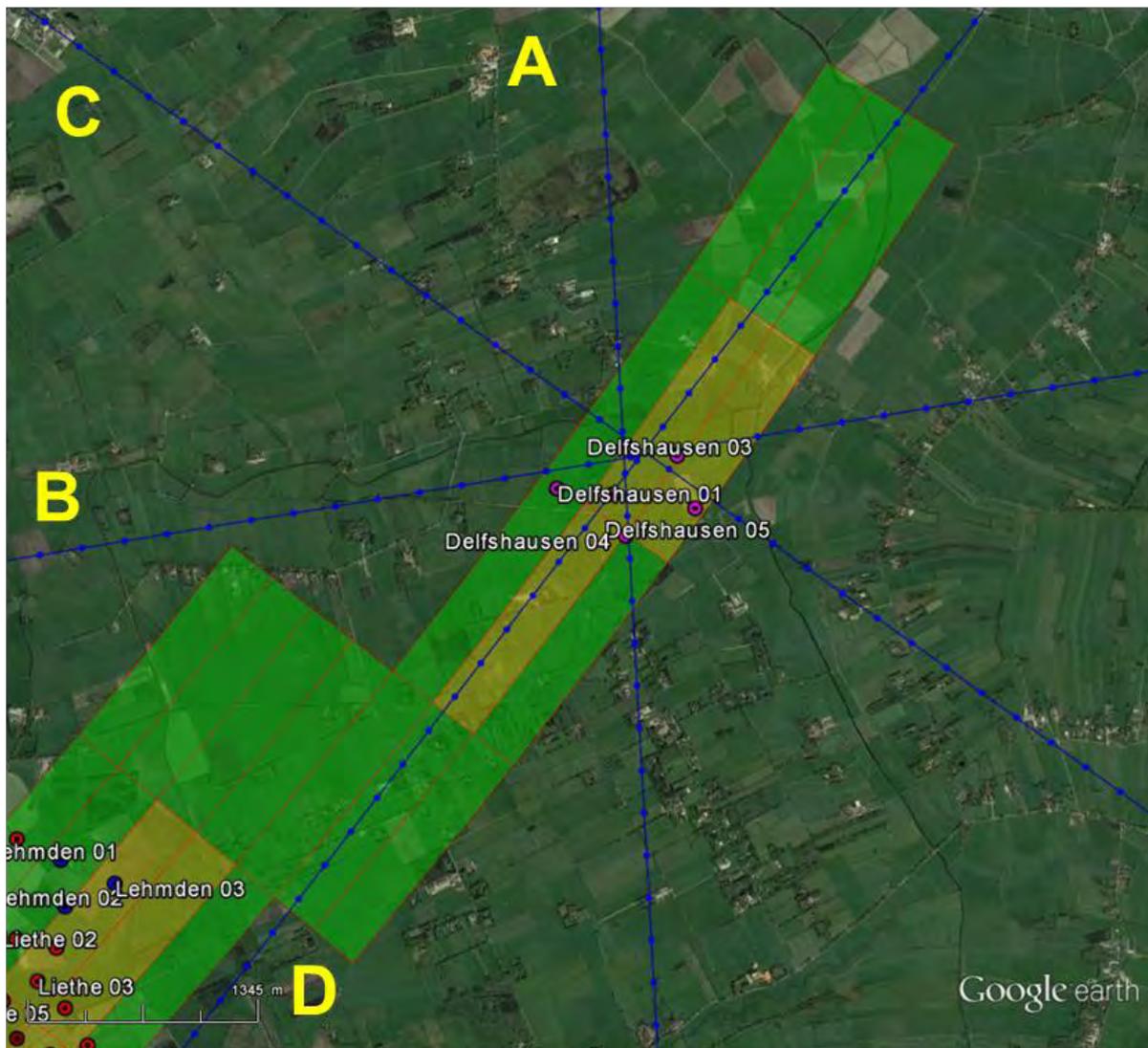


Abbildung 20: Übersicht über die geplante Situation. Farblich kodiert sind die DCM-Zellen nach der Wahrscheinlichkeit der Darstellung eines **LFZ mit einem RQS von 3 m²**. Zusätzlich sind die „Worst-Case“-Überflugpfade durch blaue Linien dargestellt. Die Ermittlung der Zielverlustwahrscheinlichkeit erfolgt an den blauen Punkten.

Die Farbkodierung der Darstellungswahrscheinlichkeit eines LFZ geschieht nach folgender Systematik:

- 0 % - 19 % = rot
- 20 % - 49 % = orange
- 50 % - 89 % = gelb
- 90 % - 100 % = grün

Die gewählten Überflugpfade (blaue Linien) über den geplanten Windpark stellen ein sogenanntes „Worst-Case“-Szenario dar. Dabei wird die Zielverlustwahrscheinlichkeit eines LFZ an den mit blauen Punkten gekennzeichneten Orten ermittelt.

Die Pfade sind hierbei:

- A = Diagonal A
- B = Diagonal B
- C = Radial
- D = Tangential

Die Überfluggeschwindigkeit des LFZ wird mit 50 m/s angenommen.

Flugpfad A: Diagonal A von Nord nach Süd oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad A sind 6 Detektionen, entsprechend einer Flugpfadlänge von 1.500 m, belastet. Für ein LFZ mit einem RQS von 1 m² sowie 3 m² liegt bei keiner Detektionen eine Zielverlustwahrscheinlichkeit von über 50 % vor.

Flugpfad B: Diagonal B von West nach Ost oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad B sind 6 Detektionen, entsprechend einer Flugpfadlänge von 1.500 m, belastet. Für ein LFZ mit einem RQS von 1 m² sowie 3 m² liegt bei keiner Detektionen eine Zielverlustwahrscheinlichkeit von über 50 % vor.

Flugpfad C: Radial von Nordwest nach Südost oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad C sind 4 Detektionen, entsprechend einer Flugpfadlänge von 1.000 m, belastet. Für ein LFZ mit einem RQS von 1 m² sowie 3 m² liegt bei keiner Detektionen eine Zielverlustwahrscheinlichkeit von über 50 % vor.

Flugpfad D: Tangential von Südwest nach Nordost oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad D sind 24 Detektionen, entsprechend einer Flugpfadlänge von 6.000 m, belastet. Für ein LFZ mit einem RQS von 1 m² sowie 3 m² liegt bei keiner Detektionen eine Zielverlustwahrscheinlichkeit von über 50 % vor.

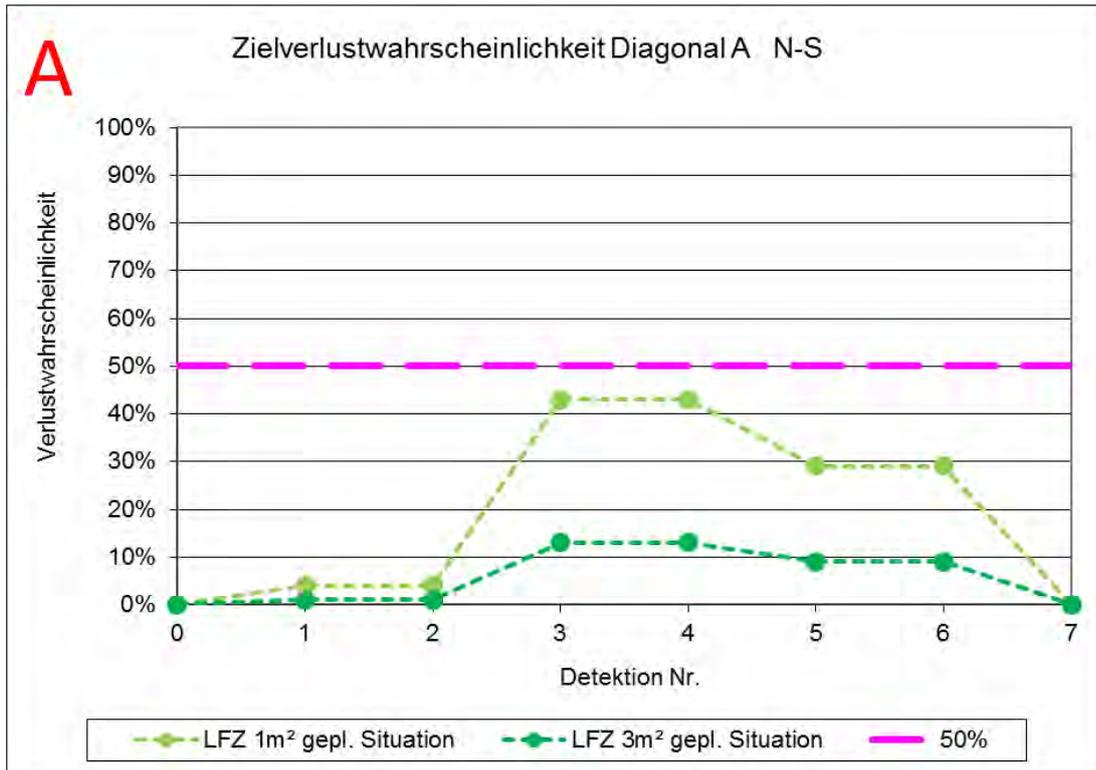


Abbildung 21: Zielverlustwahrscheinlichkeit bei der jeweiligen Detektion (Pfad A)

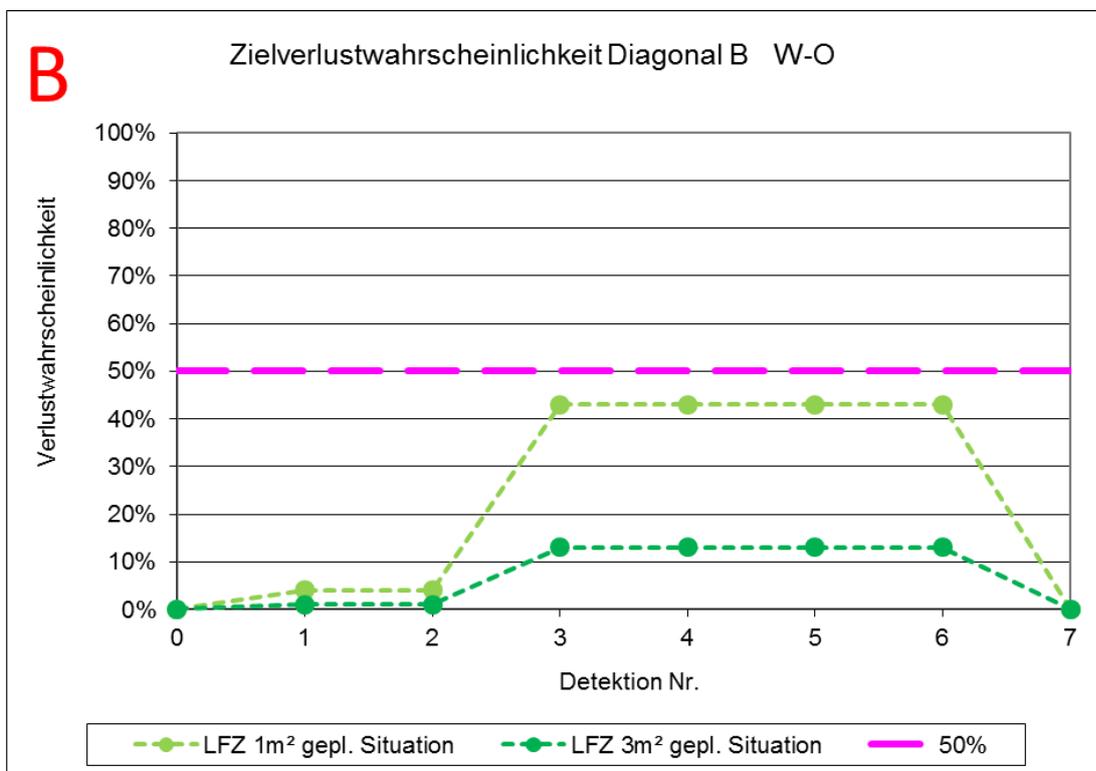


Abbildung 22: Zielverlustwahrscheinlichkeit bei der jeweiligen Detektion (Pfad B)

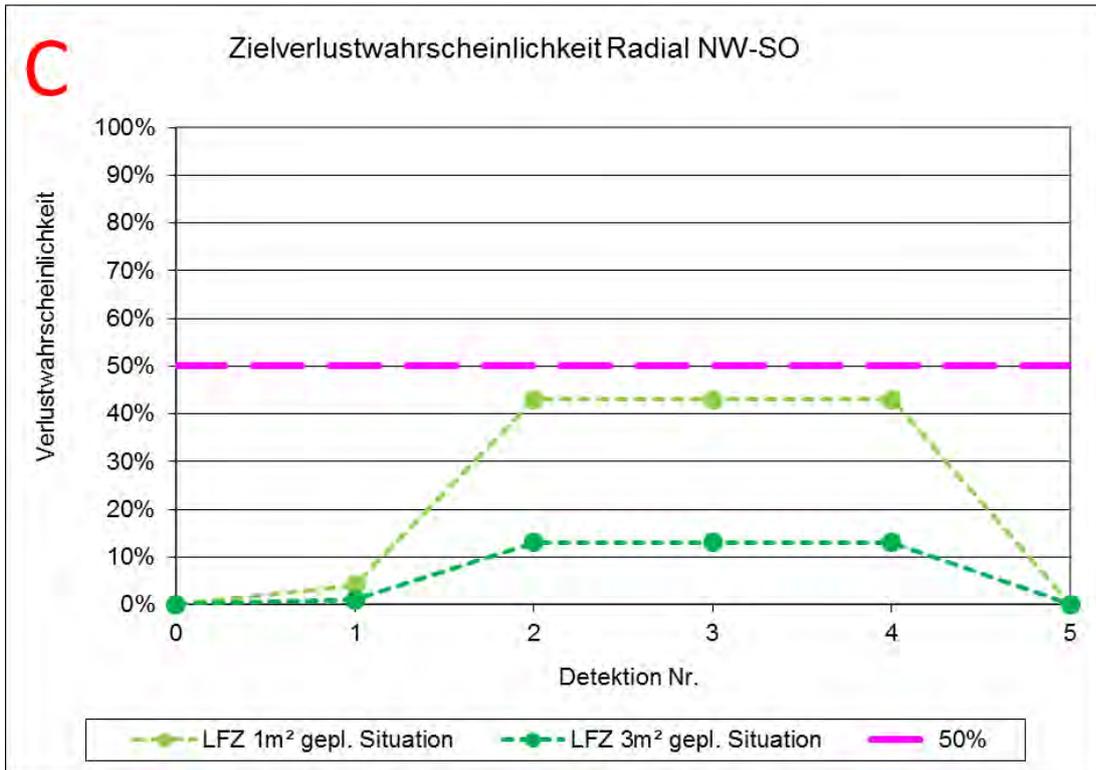


Abbildung 23: Zielverlustwahrscheinlichkeit bei der jeweiligen Detektion (Pfad C)

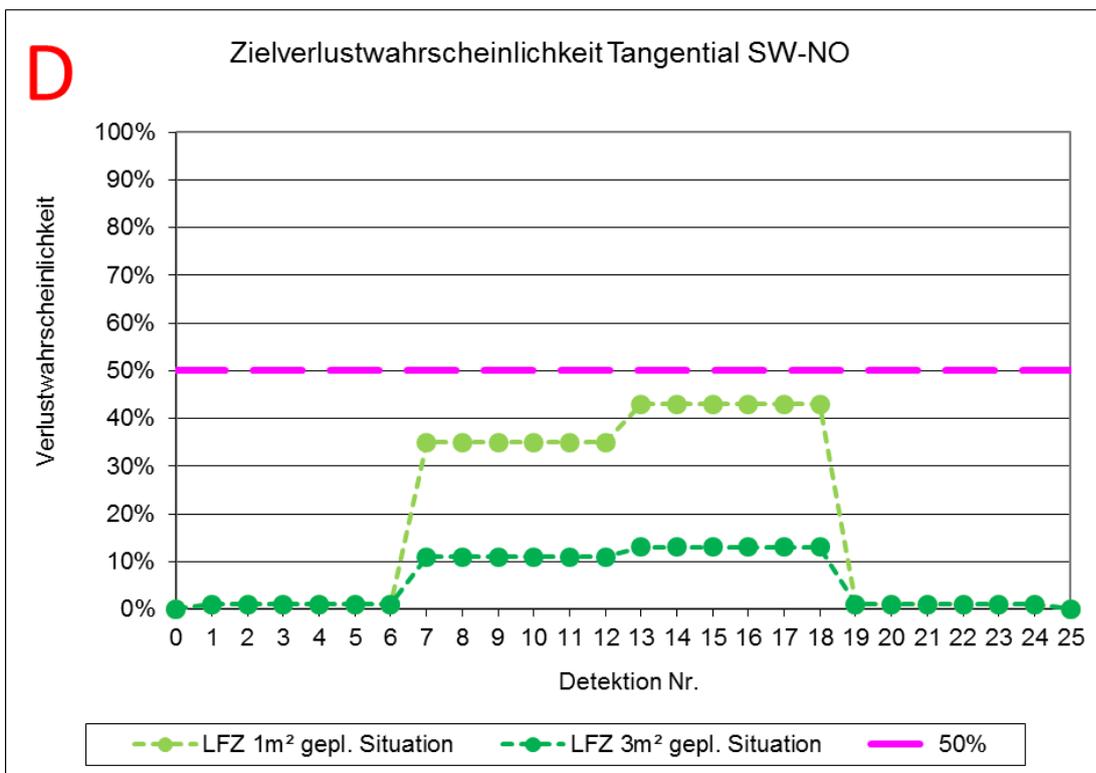


Abbildung 24: Zielverlustwahrscheinlichkeit bei der jeweiligen Detektion (Pfad D)

7.3 Beurteilung der verschiedenen Überflugs-Szenarien:

Bei allen hier durchgeführten Untersuchungen ist zu beachten, dass es sich um sogenannte „Worst-Case“-Szenarien handelt. Das bedeutet, dass ein etwaiger realer Überflug genau diese hier dargestellten Richtungen aufweisen müsste. Dabei ist bei einer auch nur geringfügigen Abweichung von wenigen Metern von diesem Worst-Case-Szenario von einer zum Teil sehr viel geringeren Zielverlustwahrscheinlichkeit auszugehen.

Grundlage sind die technischen Erfordernisse des Radarsystems ASR-S oder funktionsgleicher anderer Radarsysteme, sowie die WEA-Standorte gemäß Tabelle 1.

Untersucht wurde die geplante Situation unter Berücksichtigung der benachbarten Vorbelastung. Aufgrund des ausreichend großen Abstandes zu den benachbarten WEAs kann die Planung gesondert betrachtet werden.

Auf der Grundlage aller durchgeführten Überflugbewertungen bzgl. zu erwartender Zielverlustwahrscheinlichkeiten von LFZ kann festgestellt werden, dass durch die geplante Situation ein Störzelligebiet vorliegt, bei dem bzgl. der Radaranlage Wittmund bei allen Überflugrichtungen die Zielverlustwahrscheinlichkeiten für ein LFZ mit einem RQS von 3 m^2 ausreichend gering sind.

Eine Zielverlustwahrscheinlichkeit von über 50 % für ein LFZ mit einem RQS von 3 m^2 nicht mehr als zweimal in Folge gegeben. Ein LFZ-Zielverlust/Trackverlust ist gemäß den Forderungen und Festlegungen der Flugsicherung erst ab der dritten durch eine WEA gestörten Detektion gegeben.

Im Zusammenhang mit dem Flugpfad D sei darauf hingewiesen, dass bei tangential orientierten Flugpfaden relativ zum Standort des Radarsystems generell Einschränkungen bei der Darstellung von LFZ-Bewegungen aufgrund fehlender radialer Dopplerinformationen vorliegen.

Es muss stets dabei deutlich unterschieden werden zwischen der grundsätzlich angegebenen Möglichkeit für einen LFZ-Trackverlust, der als Kumulation verschiedener Ergebnisse angegeben wird, und der Wahrscheinlichkeit, dass ein LFZ-Zielverlust bei einer bestimmten Detektion eintritt. In dem Zusammenhang ist zu beachten, wie lange ein derartiger Verlust gegeben ist.

Die Berechnungen beruhen auf der Annahme der Hauptwindrichtung für das Windparkgebiet von ca. 230° (Jahresmittel).

Anhang A: Abkürzungen

AntUk	=	Antennenunterkante
ASR	=	Airport Surveillance Radar (Primärradar) 2D-Radar
DCM	=	Doppler Clutter Map
GND	=	Geländehöhe
LFZ	=	Luftfahrzeug
LV-Radar	=	Radar zur Luftverteidigung; 3D-Radar
MoM	=	Momentenmethode ; Analyseverfahren zur Hochfrequenzausbreitung
MPR	=	Typenbezeichnung eines Radargerätes zur Luftverteidigung
NH	=	Nabenhöhe
Plot	=	Punkt- bzw. Positionsdarstellung auf dem Radarsichtschirm
Radar	=	Radio Detection and Ranging
RASS	=	Verfahren/Tool zur messtechnischen Bewertung von Radarsystemen
RQS/RCS	=	Radar-Cross-Section (Radarquerschnitt/Radarreflexionsintensität)
RQS _{dyn.}	=	dynamischer RQS; zeitlich sich ändernde Reflexionsbeiträge von bewegten Objekten
Reichweiten- minderung	=	Maß für die Beschränkung/Minderung der radarwirksamen Einsehbarkeit in definierte Luftraumsektionen. Die ideale Betriebsbedingung liegt vor für einen Wert von 100 %.
SASS-C	=	Software von EUROCONTROL zur Radardatenaufzeichnung und Analyse bzgl. Positionsgenauigkeit in Range und Azimut sowie bzgl. der Probability of Detection für PSR und SSR
SSR/IFF	=	Secondary Surveillance Radar (Sekundärradar)
Störhäufigkeit	=	Häufigkeit der Detektion und LFZ – ähnlichen Darstellung einer WEA auf dem Radarschirm der ASR 910.
Track	=	Spur
UTD	=	Uniform Theorie of Diffraction: Analyseverfahren zur Hochfrequenzausbreitung
WEA	=	Windenergieanlage
LFZ- Zielverlust	=	Bei ausschließlicher Bewertung der Primärradarerfassung liegt ein LFZ-Zielverlust vor, wenn in unmittelbarer Folge die Darstellung einer LFZ-Position durch WEA beeinträchtigt wird, und in dem Zusammenhang keine eindeutige Zuordnung/Identifikation zwischen dargestelltem Ziel und einem LFZ herstellbar ist.

Anhang B: Technische Parameter der geplanten WEA

Nachstehend sind die radartechnisch relevanten WEA-Parameter der Planungsanlagen zusammengestellt:

Enercon E-82 E2:

- Rotordurchmesser: ca. 82 m
- Nabenhöhe: ca. 108 m
- Säulenquerschnitt oben: ca. 2,4 m
- Gondeldimension: ca. 5,53 m x 11,57 m

Anhang C: Koordinaten

Nachstehend sind die Koordinaten (WGS 84) aufgeführt, die diesem Gutachten für die Analyse zugrunde liegen. Die Planungsanlagen sind grün gekennzeichnet.

Bezeichnung	WGS 84 Nord	WGS 84 Ost	Anlagentyp	Nabenhöhe ü. Grund [m]
Windpark Delfshausen				
Delfshausen 01	53° 18' 8,66"	8° 14' 3,17"	Enercon E-82 E2	108,38
Delfshausen 02	53° 18' 7,58"	8° 14' 21,07"	Enercon E-82 E2	108,38
Delfshausen 03	53° 18' 14,86"	8° 14' 41,36"	Enercon E-82 E2	108,38
Delfshausen 04	53° 17' 59,61"	8° 14' 24,88"	Enercon E-82 E2	108,38
Delfshausen 05	53° 18' 4,80"	8° 14' 46,94"	Enercon E-82 E2	108,38
Lehmden 01	53° 16' 58,08"	8° 11' 25,57"	Enercon E-82 E2	108,38
Lehmden 02	53° 16' 49,22"	8° 11' 26,92"	Enercon E-82 E2	108,38
Lehmden 03	53° 16' 53,60"	8° 11' 42,66"	Enercon E-82 E2	108,38
Wapeldorf 01	53° 20' 6,30"	8° 8' 40,79"	Enercon E-82 E2	108,38
Wapeldorf 02	53° 20' 3,90"	8° 8' 53,59"	Enercon E-82 E2	108,38
Wapeldorf 03	53° 19' 43,43"	8° 9' 9,24"	Enercon E-82 E2	108,38
Wapeldorf 04	53° 19' 35,76"	8° 9' 3,56"	Enercon E-82 E2	108,38
Wapeldorf 05	53° 19' 28,27"	8° 9' 7,11"	Enercon E-82 E2	108,38
Rosenberg 01	53° 20' 54,00"	8° 7' 41,75"	Enercon E-82 E2	108,38
Rosenberg 02	53° 20' 58,71"	8° 7' 57,74"	Enercon E-82 E2	108,38

Tabelle 4: Verwendete Koordinaten