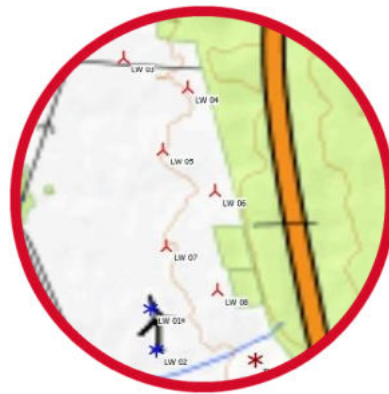


Standorteignung von Wind- energieanlagen

Nachweis nach DIBt 2012 für den Windpark Cramme
II (Niedersachsen)

Landwind Planung GmbH u. Co.KG



Juni 2021

Standorteignung von Windenergieanlagen

Nachweis nach DIBt 2012 für den Windpark
Cramme II (Niedersachsen)

Berichtsnummer: G210614WF1a

Aufgestellt: Gevensleben, im Juni 2021

Auftragnehmer

SOWIWAS - Energie GmbH
Watenstedter Straße 11
38384 Gevensleben

Tel.: 0 53 54 / 99 06 - 235

Fax: 0 53 54 / 99 06 - 219

E-mail gutachten@sowiwas.de

Internet www.sowiwas.de

Auftraggeber

Landwind Planung GmbH & Co. KG

Watenstedter Straße 11

38384 Gevensleben

Telefon 0 53 54 - 99 06 . 0

Telefax 0 53 54 - 99 06 . 109

E-mail johannes.spilker@landwind-gruppe.de

Internet www.landwind-gruppe.de

INHALT

1	ZUSAMMENFASSUNG	4
2	EINLEITUNG	5
3	DER STANDORT	6
3.1	PARKSTANDORT CRAMME II	6
4	BESTIMMUNG DER STANDORTEIGNUNG	7
4.1	KOMPLEXITÄT DES GELÄNDES	7
4.2	WINDVERHÄLTNISSE	8
4.3	TURBULENZ	9
4.4	UMGEBUNGSTURBULENZ	10
4.5	EFFEKTIVE TURBULENZ	10
5	ERGEBNISSE DER STANDORTBERECHNUNG	12
5.1	PARKLAYOUT	12
5.2	WINDVERHÄLTNISSE	14
5.2.1	PLAUSIBILISIERUNG	15
5.3	UMGEBUNGSTURBULENZ	15
5.4	EFFEKTIVE TURBULENZ	15
5.4.1	LASTRECHNUNG FÜR DIE NEUANLAGEN	18
5.5	WEITERE PARAMETER ZUR STANDORTEIGNUNG FÜR DIE GEPLANTEN WEA	19
	LITERATURVERZEICHNIS	21

QUELLEN**ANHANG****ERGEBNISSE DER BERECHNUNGEN TURBULENZ:**

Effektive Turbulenz für m=4, 9,10 und 14.

Site compliance - Annahmen

Leistungskennlinien

1 Zusammenfassung

Die Standorteignung von Windenergieanlagen im Windpark Cramme II durch den Neubau von sechs Anlagen vom Typ Nordex N163 wurde nach den Vorschriften der DIBt 2012, bzw. IEC 61400-1 ed.3 (2010) bestimmt.

Für die bestehenden und geplanten Anlagen wurden die jeweils geltenden Normen (laut Typenprüfung) DIBt 1995, DIBt 2004 und DIBt 2012 bzgl. des Turbulenzeinflusses angewendet.

Die Windverhältnisse (Weibull-Parameter, Richtungshäufigkeit in 12 Windrichtungssektoren) an den betrachteten Standorten wurden mit Hilfe des Programms WASP (Version 11.1) berechnet. Grundlage waren vom Auftraggeber vorgelegte Ertragsdaten bestehender Anlagen innerhalb der Windparkfläche. Die Dateneingabe erfolgte über die Software WINDPRO in der Version 3.4.

Eine Verifizierung der Windverhältnisse erfolgte durch Vergleich der mehrjährigen Erträge von bestehenden WEA im Windpark mit einer Ertragsberechnung.

Der Standort ist orografisch als nicht komplex einzustufen. Die Umgebungsturbulenz ist niedrig aufgrund des offenen Geländes.

Insgesamt 6 weitere Anlagenstandorte (2x Bestand und 4x weitere Planung) im Abstand von 10 D (D: Rotordurchmesser) um die neuen WEA waren zu betrachten.

Aus der errechneten Gesamtturbulenz (Summe aus Umgebungsturbulenz und Nachlaufsturbulenz) an jedem Anlagenstandort wurden durch Vergleich mit den Vorgaben nach DIBt (1995, 2004, 2012, [1], [2], [3]) Aussagen zur Standorteignung bzgl. der Turbulenzsituation getroffen. Die Berechnungen erfolgten bei den Neuanlagen für verschiedene Wöhlerkoeffizienten ($m=4, 9, 10$ und 14), um die verschiedenen Bauteile der Anlagen differenziert zu betrachten.

Für die Neuanlagen ergeben sich geringe Überschreitungen der Turbulenzrichtwerte nach DIBt (2012, [1]), die der Typenprüfung der Anlagen zugrunde liegen. Eine standortspezifische Lastrechnung für die Neuanlagen durch den Hersteller Nordex [7] bestätigt die Standsicherheit für die geplanten WEA.

Für die Bestandanlagen und die weitere Planung (Fremdplanung) resultieren durch den Zubau keine Überschreitungen der effektiven Turbulenzintensität.

2 Einleitung

Östlich und südöstlich der Ortschaft Cramme (Landkreis Wolfenbüttel, Niedersachsen) ist vom Auftraggeber die Errichtung von sechs Windenergieanlagen (WEA) am Rande eines bestehenden Windparks aus 2 Anlagen vorgesehen.

Zur Bestimmung der Standorteignung für die geplanten Anlagen und den Nachweis der Standsicherheit der Bestandsanlagen ist u.a. die Kenntnis der Umgebungsturbulenz (ohne Einfluss von Windenergieanlagen) und der Nachlaufsturbulenz (verursacht durch die Nachlaufströmung) notwendig (siehe DIBt Richtlinie 2012, Deutsches Institut für Bautechnik, Kap.16 Standorteignung von Windenergieanlagen[1]). Bei Aufstellung in einem bestehenden Windpark muss der zusätzliche Einfluss auf die benachbarten Windkraftanlagen berücksichtigt werden.

Der Nachweis erfolgt durch Vergleich der Windbedingungen am Standort der WEA mit den in der Typenprüfung zugrunde gelegten Werten. Die dort angenommenen Windbedingungen und die daraus abgeleiteten Betriebslasten erlauben einen Betrieb der WEA über mindestens 20 Jahre. Werden die Lasten am Standort überschritten, ist der 20-jährige Betriebszeitraum nicht mehr gewährleistet. Durch Betriebsbeschränkungen oder einen modifizierten Anlagenbetrieb mit verringerter Nachlaufsturbulenz kann die Einhaltung der Werte der Typenprüfung erreicht werden.

Die Umgebungsturbulenz und die anlageninduzierte Turbulenz werden in Nabenhöhe an den geplanten Anlagenstandorten und den nahegelegenen Nachbarstandorten (Abstand kleiner achtfacher Rotordurchmesser D der Neuanlagen) separat für 12 Windrichtungssektoren berechnet und dokumentiert. Weiter entfernte WEA werden bei der Berechnung berücksichtigt, sofern sie sich im Abstand kleiner $10 D$ zu einer näher gelegenen Anlage befinden. Bei Anlagenabständen $> 10 D$ ist nach dem hier angewandten Verfahren nach Frandsen und Thøgersen [5] keine Beeinflussung durch die Nachlaufsturbulenz vorhanden.

Die vom Auftraggeber vorgegebenen Standorte und Anlagentypen in der Parkkonfiguration werden dabei zugrunde gelegt. Neben der Neuplanung wurden zwei bestehende WEA im Abstand $< 10 D$ und vier weitere geplante WEA (im Süden) betrachtet.

3 Der Standort

Eine Standortbesichtigung am geplanten Anlagenstandort und bei den bestehenden Anlagen fand am 31.5.2021 durch den Mitarbeiter Herrn Schulze statt.

3.1 Parkstandort Cramme II

Die Windparkfläche befindet sich östlich und südöstlich von Cramme (Landkreis Wolfenbüttel). Weitere Ortschaften in der Umgebung sind Lobmachersen im Südwesten, Leinde im Norden und Barum im Nordwesten. Der Stadtrand von Wolfenbüttel liegt ca. 6 km im Nordosten.

Die großräumige Umgebung ist durch ausgedehnte und zusammenhängende Acker- und Grünlandflächen geprägt. Im Osten grenzt ein größeres zusammenhängendes Waldgebiet an (Oderwald). Baumalleen und Gehölze sind teilweise entlang der Straßen und Wege vorhanden. Einzelhindernisse (große Gebäude, Einzelbäume), die als zusätzliche Strömungshindernisse zu betrachten wären, sind nicht vorhanden.

Das unmittelbare Umfeld ist durch landwirtschaftliche Nutzung ohne Hecken und vereinzelt Busch- und Baumreihen entlang der Feldwege und Straßen geprägt.

Die geplante Erweiterung des Windparks findet östlich und nordöstlich der bestehenden und nördlich von weiteren geplanten WEA statt. Die geplanten Standorte liegen in Nord-Süd Ausrichtung nahe dem Waldrand auf Höhen von 115,6-125,0 m ü. NN. Das Gelände steigt von West nach Ost leicht an, die höchste Erhebung ist der Hungerberg mit 206 m ü. NN 2,5 km östlich.

Nach DIN EN 1991-1-4 NA kann dem Standort die Geländekategorie II zugeordnet werden.

4 Bestimmung der Standorteignung

Die Standorteignung von Windenergieanlagen (WEA) wird durch die Typenprüfung oder eine Einzelprüfung für jede WEA nachgewiesen. In den Prüferunterlagen werden für die Auslegung der Anlage und den Standsicherheitsnachweis Annahmen u.a. zu den Turbulenzverhältnissen getroffen, die den Lastrechnungen für den Anlagentyp zugrunde liegen.

Die dort getroffenen Annahmen beruhen auf den Richtlinien des Instituts für Bautechnik (DIBt), die sich u.a auf die DIN EN 61400-1 bezieht. Je nach Zeitpunkt der Erstellung der Typenprüfung sind die Normen DIBt 1995 [2] DIBt 2004 [3] und DIBt 2012 [1] Grundlage der Typenprüfung.

Die Einhaltung der dort getroffenen Annahmen am Standort der WEA, insbesondere bzgl. der Turbulenzkriterien wird im Rahmen dieser Untersuchung überprüft.

Nach der aktuell gültigen DIBt 2012 sind folgende Kriterien für jeden neuen Anlagenstandort nachzuweisen (bei nicht komplexem Standort, siehe Kap. 4.1):

- Die mittlere Windgeschwindigkeit am Standort ist mindestens 5% kleiner als in der Typenprüfung zugrunde gelegt.
- Die effektive Turbulenz nach DIN EN 61400 im Bereich von $0,2 v_{ref} - 0,4 v_{ref}$ (v_{ref} : Auslegungswindgeschwindigkeit der Typenprüfung) liegt unterhalb der Vorgabe der Auslegungsturbulenz laut Typenprüfung.
- Prüfung der 50-Jahres-Windgeschwindigkeit: Die Windzone gemäß Typen-/Einzelprüfung deckt die Windzone des betrachteten Standortes gemäß Windzonenkarte ab oder die 50-Jahres-Windgeschwindigkeit gemäß Typen-/Einzelprüfung deckt die 50-Jahres-Windgeschwindigkeit am Standort ab.

Da die Neuplanung für die Standsicherheit der Bestandsanlagen und der weiteren geplanten Anlagen einen nachteiligen Effekt bezüglich der Turbulenzsituation haben kann, ist nach DIBt 2012 ein Nachweis zur effektiven Turbulenzintensität für alle Anlagen im Abstand kleiner $8D$ von der Neuplanung zu führen. Die übrigen Windparameter werden bezüglich der Standsicherheit der Bestandsanlagen von der Neuplanung nicht negativ beeinflusst und müssen darum an den Bestandsanlagen nicht weiter untersucht werden. Anlagen im Abstand kleiner $10 D$ müssen bei der Berechnung der Turbulenz berücksichtigt werden, die Einhaltung der Grenzwerte muss aber für diese WEA nicht zwingend nachgewiesen werden (nach DIBt 2012).

4.1 Komplexität des Geländes

Geländesteigungen und Höhenunterschiede können zu erhöhten Umgebungsturbulenzen führen und müssen daher in orografisch komplexem Gelände berücksichtigt werden.

Der Einfluss der Orografie wird durch einen richtungsabhängigen Turbulenzstrukturparameter definiert. Dabei wird jedem Richtungssektor, der

als orografisch komplex einzustufen ist, ein maximaler Turbulenzstrukturparameter von 1,15 zugeordnet.

Die Bewertung der orografischen Komplexität erfolgt durch Auswertung der Geländesteigungen relativ zu einer Ausgleichsebene, die durch die Methode der kleinsten Fehlerquadrate aus den Höhendaten bestimmt wird.

Als Kriterien gelten eine maximale Geländesteigung größer 10° und eine maximale Geländedifferenz von 0,3-mal Nabenhöhe (NH) im Radiusabstand von 5 mal Nabenhöhe (bzw. 0,6 NH bei 10 NH Radius und 1,2 NH bei 20 NH) um den Anlagenstandort.

Wird eines der o.g. genannten Kriterien überschritten, so ist der betreffende Sektor als komplex anzusehen. Der gesamte Standort ist komplex, wenn mehr als 15% der im Wind enthaltenen Energie aus komplexen Sektoren kommt.

Am Standort der Neuanlagen wird keines der genannten Kriterien überschritten, so dass der Standort nicht als komplex einzustufen ist und die Berücksichtigung eines Turbulenzstrukturparameters entfällt.

4.2 Windverhältnisse

Die Windverhältnisse (Weibull-Parameter, Richtungshäufigkeit in 12 Windrichtungssektoren) an den betrachteten Standorten wurden mit Hilfe des Programms WASP (Version 11.1) berechnet.

Die Dateneingabe erfolgte über die Software WINDPRO in der Version 3.4.

Eine Verifizierung der Windverhältnisse erfolgte durch Vergleich der mehrjährigen Erträge von bestehenden WEA im Windpark mit einer Ertragsberechnung.

Für das Höhenmodell wurden Daten der NASA verwendet (SRTM, Shuttle Radar Topography Mission), die im Jahr 2000 durch Abtastung der Erdoberfläche durch das Space-Shuttle-Radar "Spaceborne Imaging Radar-C" ermittelt wurden. Durch eine spezielle Software werden diese in Höhenlinien mit 5 m Höhenabstand umgewandelt. Diese Höhenlinien werden bis ca. 20 km Entfernung um den Standort eingebunden.

Die Oberflächenstruktur des Geländes wird in Form von Rauigkeitsgebieten anhand von Luftbildern und Kartenmaterial (1:50.000 in Standortnähe mit ca. 5 km Umkreis und 1:200.000 im weiteren Umfeld mit ca. 20 km Umkreis) erfasst. Den einzelnen Gebieten in den topografischen Karten (Areale) werden dabei entsprechende Rauigkeitsklassen, bzw. -längen zugeordnet. Diese beschreiben den Grad der Reibung der Luftströmung (und damit der Windabschwächung) durch Bewuchs und Bebauung. Die Bewertung orientiert sich an den Vorgaben des Europäischen Windatlases (EUROPEAN WIND ATLAS, I. Troen und E.L. Petersen ISBN 87-550-1482-8, Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark 1990).

Die Luftdichte wurde aus langjährigen Klimastationsdaten (Luftdruck, Temperatur) der Station Braunschweig ermittelt. Der Einfluss der Standorthöhe über NN auf die Luftdichte ist dabei individuell für jede Anlage berücksichtigt.

Extremwind (50-Jahres Windgeschwindigkeit)

Als Extremwind wird die Windgeschwindigkeit (Mittelwert über 10 Minuten) bezeichnet, die statistisch im Mittel einmal in 50 Jahren erreicht oder überschritten wird. Das entspricht einer jährlichen Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,02.

Aus der ermittelten Weibull-Häufigkeitsverteilung lässt sich die Überschreitungswahrscheinlichkeit für verschiedene Zeiträume ableiten. Für die Standorteignung ist nach DIBt 2012 nachzuweisen, dass die 50 Jahres Windgeschwindigkeit kleiner ist als die in der Typenprüfung verwendete Auslegungswindgeschwindigkeit. Die Standorteignung ist nach DIBt 2012 auch dann gegeben, wenn die Windzone laut Typenprüfung die Windzone des Aufstellungsorts abdeckt.

4.3 Turbulenz

Die bodennahe Windströmung ist durch die Reibung an der Erdoberfläche turbulent, d.h. innerhalb eines Mittelungsintervalls von z.B. zehn Minuten treten Schwankungen von Windgeschwindigkeit und Windrichtung im Zeitbereich von Zehntelsekunden bis Minuten auf. Die Turbulenz beeinflusst neben dem Energieertrag einer Windkraftanlage auch die aerodynamischen Lasten auf die Rotorblätter, den Turm und das Fundament. Zur Charakterisierung der Turbulenz wird die Turbulenzintensität I verwendet, definiert als Verhältnis zwischen der Standardabweichung der Windgeschwindigkeit und dem Mittelwert in einem typischen Zeitintervall (in der Regel 10 Minuten).

Die Turbulenz an einem Standort ohne WEA wird bestimmt durch die Rauigkeit der Oberfläche und als Umgebungsturbulenz bezeichnet. Die Umgebungsturbulenz ist ein Maßstab für die Turbulenz des lokalen Windfeldes ohne die Beeinflussung durch vorhandene Windenergieanlagen. Sie hängt von der atmosphärischen Schichtung (labil – neutral – stabil), der Höhe über Grund, sowie der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung ab [4].

Eine Windkraftanlage erhöht den Turbulenzgrad in ihrer Nachlaufströmung und damit die Umgebungsturbulenz um die Nachlauf- oder wake-Turbulenz. Der Einfluss der Nachlauf-turbulenz nimmt mit dem Abstand zur Anlage ab. Die Stärke der Beeinflussung hängt neben den Windbedingungen im Wesentlichen von der Rotorblattgeometrie, gekennzeichnet durch den Rotordurchmesser und den Schubbeiwert, der Nabenhöhe und der Rotordrehzahl der Anlage ab.

Die Wirkung der Turbulenz auf WEA wird durch eine effektive Turbulenzintensität beschrieben, die sich aus Umgebungs- und wake Turbulenz berechnet und deren Betrag zusätzlich von den verwendeten Werkstoffen der WEA Bauteile abhängt.

4.4 Umgebungsturbulenz

Die Umgebungsturbulenz I_{umg} ist ein Maß für die Schwankungen der Windgeschwindigkeit (Böigkeit) an dem vorgesehenen Standort ohne Beeinflussung durch WEA. Sie nimmt mit steigender Windgeschwindigkeit und mit der Höhe über Grund ab. Über einer inhomogenen Oberfläche mit unterschiedlichen Rauigkeiten hängt sie zusätzlich von der Windrichtung ab.

Idealerweise sollte I_{umg} aus gemessenen Daten der (horizontalen) Windgeschwindigkeit und ihrer Standardabweichung an Messmasten abgeleitet werden. Der Messzeitraum sollte dabei mindestens 1 Jahr umfassen.

Wenn keine Messungen vor Ort vorliegen, wird die Umgebungsturbulenz aus der Geländerauigkeit indirekt bestimmt. Dazu wird die Rauigkeitslänge z_0 nach einer Terrainklassifizierung in 12 Richtungssektoren zu je 30 Grad erfasst [4]. Die Terrainklassifizierung erfolgt über die Eingabe eines digitalen Geländemodells. Unter der Annahme einer homogenen, isotropen Umgebungsturbulenz (Gleichheit der Standardabweichungen von horizontaler und vertikaler Windgeschwindigkeit) und eines logarithmischen Vertikalprofils der Windgeschwindigkeit gilt vereinfacht:

$$I_{umg} = 1 / \log(z / z_0)$$

wobei z die Höhe über Grund und z_0 die Rauigkeitslänge bezeichnet.

In der älteren DIBt 2004 wird Bezug genommen auf die charakteristische Turbulenzintensität I_{char} . Sie ist definiert als mittlere Turbulenzintensität plus einfache Standardabweichung. Liegen keine Messungen vor, wird eine Standardabweichung von 20% angenommen, d.h. die mittlere Turbulenzintensität wird mit dem Faktor 1,2 multipliziert:

$$I_{char} = I_{umg} + \sigma_i = I_{umg} * 1,2$$

Für Standsicherheitsnachweise nach DIBt 2012 wird die repräsentative Turbulenzintensität I_{rep} verwendet. Sie ist als mittlere Turbulenzintensität bei 90% Unterschreitungswahrscheinlichkeit (obere Grenze des Vertrauensbereichs, p_{90} Wert) definiert. Dazu wird zur mittleren Turbulenzintensität die 1,28 fache Standardabweichung σ_i addiert:

$$I_{rep} = I_{umg} + 1,28 * \sigma_i = I_{umg} * 1,256$$

Die Turbulenzintensität wird für jeden 30 Grad Windrichtungssektor in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit ermittelt.

4.5 Effektive Turbulenz

Der Einfluss der Nachlaufströmung einer Windkraftanlage (anlageninduzierte Turbulenz oder Wake-Turbulenz) und die effektive Turbulenz werden mit der Rechensoftware WASP 11 und WASP Engineering 3.1 nach dem Turbulenzmodell von Frandsen und Thøgersen [5] berechnet. Dieses Modell wird vom Institut für Bautechnik als Berechnungsgrundlage empfohlen (DIBt, Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung, Fassung März 2004 und Oktober 2012, [1]). Das Rechenprogramm ist vom TÜV Süd zertifiziert.

In die Berechnung der effektiven Turbulenz geht der materialspezifische Wöhler-Koeffizient m als Maß für die Festigkeit und Lebensdauer der in

den WEA verwendeten Baustoffe ein. Dabei werden die Rotorblätter mit einem Wert von $m=10$ oder größer betrachtet.

Die Standsicherheit der Anlage bzgl. der Turbulenzsituation ist gewährleistet, wenn die der Typenprüfung der Windenergieanlage zugrunde liegenden Werte der effektiven Turbulenz nicht überschritten werden.

Nach DIBt 2012 ist der Einfluss auf die umgebenden Anlagen im Park nur für WEA im Abstand kleiner dem achtfachen Rotordurchmesser D nachzuweisen. Weitere Anlagen in der Umgebung werden dabei zusätzlich berücksichtigt, sofern sie sich im Abstand von $10 D$ zu einer näher gelegenen WEA befinden. Bei Abständen $> 10 D$ wird nach dem Ansatz von Frandsen und Thøgersen [5] kein wake Einfluss mehr angenommen.

5 Ergebnisse der Standortberechnung

5.1 Parklayout

Die folgende Karte zeigt die bestehenden Anlagen (blau), sowie die Neuplanung mit 6 Anlagen im nördlichen Teil und den weiteren Planungen im Süden (Fremdplanung).

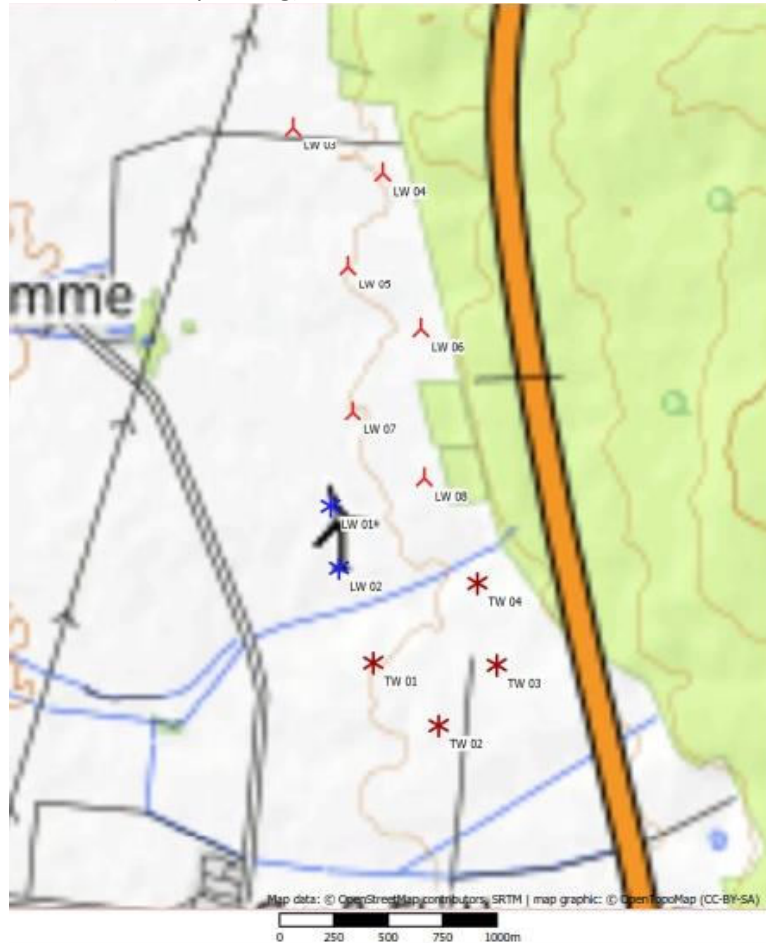


Abbildung 1: Übersichtskarte: geplante WEA LW3-8, Bestand LW1, 2 im Abstand < 10D und weitere Planung WEA TW1-4.

Tabelle 1: Übersicht: geplante WEA Nr.1-6, Bestand im Abstand < 8D (Nr.7-8), weitere Planung WEA Nr.9-12.

lfd. Nr	Bezeichnung	Typ	Nennleistung (kW)	Nabenhöhe (m)	Rotordurchmesser (m)	UTM (north)-WGS84 Zone: 32	
Neue WEA							
1	WEA LW3	Nordex N163	5.700	164,0	163,0	600.794	5.775.508
2	WEALW4	Nordex N163	5.700	164,0	163,0	601.214	5.775.303
3	WEA LW5	Nordex N163	5.700	164,0	163,0	601.060	5.774.876
4	WEA LW6	Nordex N163	5.700	164,0	163,0	601.407	5.774.590
5	WEA LW7	Nordex N163	5.700	164,0	163,0	601.097	5.774.199
6	WEA LW8	Nordex N163	5.700	164,0	163,0	601.435	5.773.898
Berücksichtigte WEA – Bestand und Fremdplanung							
7	WEA LW1 84582	Nordex N117	2.400	141,0	117,0	601.005	5.773.760
8	WEA LW2 84583	Nordex N117	2.400	141,0	117,0	601.050	5.773.469
9	WEA TW1	Enercon E-160	5.500	166,6	160,0	601.216	5.773.041
10	WEA TW2	Enercon E-160	5.500	166,6	160,0	601.525	5.772.754
11	WEA TW3	Enercon E-160	5.500	166,6	160,0	601.789	5.773.042
12	WEA TW4	Enercon E-138	4.200	160,0	138,3	601.693	5.773.412

Für den Tag- und Nachtbetrieb wurden unterschiedliche Leistungs- und Schubbeiwertkurven für die Neuanlagen berücksichtigt (gemäß schalltechnischem Gutachten):

Tabelle 2: Übersicht der Leistungs-/Schubbeiwertkurven der Neuanlagen

Anlage	Tag 6:00-22:00	Nacht 22:00-6:00
WEA LW3	Mode 0 (5.700 kW)	Mode 5 21-05-2019
WEALW4	Mode 0 (5.700 kW)	Mode 7 21-05-2019
WEA LW5	Mode 0 (5.700 kW)	Mode 5 21-05-2019
WEA LW6	Mode 0 (5.700 kW)	Mode 8 21-05-2019
WEA LW7	Mode 0 (5.700 kW)	Mode 7 21-05-2019
WEA LW8	Mode 0 (5.700 kW)	Mode 8 21-05-2019

Die verwendeten Leistungs- und Schubbeiwertkurven der WEA sind im Anhang dargestellt.

5.2 Windverhältnisse

Die folgende Tabelle zeigt exemplarisch die errechneten Werte der Weibull-Häufigkeitsverteilung an einem repräsentativen Standort in 164 m Höhe (UTM (north)-ETRS89 Zone 32 Ost 601.407 Nord 5.774.590 (nach [6])):

Tabelle 3: Ermittelte Windverhältnisse in 164 m Höhe über Grund (WEA LW6)

Sekt	A (m/s)	k	Häuf %
0	5,34	2,146	2,7
1	4,80	2,236	2,8
2	5,49	2,424	4,0
3	6,24	2,506	7,0
4	7,49	2,357	7,2
5	6,74	2,904	8,6
6	6,28	2,436	6,4
7	7,63	2,514	14,2
8	8,30	2,682	16,8
9	9,22	2,654	14,9
10	8,27	2,561	10,1
11	6,92	2,248	5,2
Ges	7,53	2,351	100,0

Für die Turbulenzberechnung erfolgte die Berechnung der Windgeschwindigkeiten und der Richtungsverteilung individuell am jeweiligen Anlagenstandort in Nabenhöhe.

5.2.1 Plausibilisierung

Eine Plausibilisierung der Wind-Häufigkeitsverteilung wird mit Hilfe von Betriebsdaten bestehenden WEA in der unmittelbaren Umgebung vorgenommen.

Dazu wurden die Ertragsdaten der Anlagen LW 1 (84582) und LW 2 (84583) aus den Jahren 2017-2020 ausgewertet und mit einer Ertragsberechnung gemäß Technischer Richtlinie 6 (TR6) der Fördergesellschaft Windenergie und andere De-zentrale Energien e.V. (FGW) verglichen. Durch einen Vergleich der Vorhersagegüte konnte die ermittelte Wind-Häufigkeitsverteilung bestätigt werden.

5.3 Umgebungsturbulenz

Für die betrachteten 12 Windrichtungssektoren ergeben sich exemplarisch am Standort der Anlage Nr.6 (WEA LW6) die in der folgenden Tabelle dargestellten Werte der repräsentativen Umgebungsturbulenz bei 15 m/s:

Tabelle 4: Ergebnis der sektoriellen Berechnung der Umgebungsturbulenz am Standort der WEA LW6

Richtungssektor	Repr. Umgebungsturb. in % Höhe 164 m bei 15 m/s	Windrichtung Häufigkeit in %
0 (Nord)	14,7	2,7
1	13,8	2,8
2	15,3	4,0
3 (Ost)	15,7	7,0
4	16,1	7,2
5	14,6	8,6
6 (Süd)	14,3	6,4
7	14,2	14,2
8	14,1	16,8
9 (West)	14,2	14,9
10	14,1	10,1
11	14,5	5,2
Maximal	16,1	
Mittel windrichtungsgewichtet	14,5	

Für die repräsentative Umgebungsturbulenz erhält man am Standort der WEA Nr.6 (WEA LW6) in 164 m Nabenhöhe einen Mittelwert von 14,5 % (bei 15 m/s).

5.4 Effektive Turbulenz

Da die Neuplanung für die Standsicherheit der Bestandsanlagen einen nachteiligen Effekt bezüglich der Turbulenzsituation haben kann, ist nach DIBt 2012 ein Nachweis zur effektiven Turbulenzintensität für alle Anlagen im Abstand kleiner 8 D von der Neuplanung zu führen. Die übrigen Windparameter werden bezüglich der Standsicherheit der Bestandsanlagen von

der Neuplanung nicht negativ beeinflusst und müssen darum an den Bestandsanlagen nicht weiter untersucht werden.

Für die Neuanlagen sind zur Durchführung einer Lastrechnung weitere Standortparameter zu untersuchen (siehe Kap. 5.5.)

Nach DIBt Richtlinie (DIBt 2004, 2012) braucht der Einfluss von Nachbaranlagen nur innerhalb eines Abstands vom achtfachen Rotordurchmesser der Neuanlage (8 x 163 m) nachgewiesen werden. Innerhalb dieses Abstands um die Neuanlagen befinden sich 2 Bestandsanlagen.

Die anzuwendende DIBt Richtlinie orientiert sich an den in der Typen- oder Einzelprüfung der WEA verwendeten Verfahren, d.h. für nach DIBt 2012 geprüfte WEA erfolgt die Prüfung der Standorteignung nach dieser Norm, für die nach DIBt 2004, bzw. DIBt 1995 geprüften WEA reicht eine Prüfung der Standorteignung nach diesen Normen aus (Bestandsschutz). Die Neuanlagen und die Bestandsanlagen sind nach DIBt 2012 geprüft.

Optional kann die Prüfung der Standorteignung auch für WEA mit einer Typenprüfung nach der älteren Norm auf Grundlage der DIBt 2012 erfolgen. Für die hier betrachteten WEA wurde folgende Zuordnung gewählt:

Tabelle 5: Übersicht der zu beachtenden Richtlinien der WEA.

WEA	Richtlinie Standorteignung
Nr. 1-12	DIBt 2012

Nach den Richtlinien sind die Auslegungswerte abhängig von der Windgeschwindigkeit. Nach DIBt 2012 ist die repräsentative Umgebungsturbulenz zu verwenden.

Die nächste Tabelle zeigt für die untersuchten Standorte die Höhe der effektiven Turbulenzintensität bei verschiedenen Windgeschwindigkeiten:

- Neuanlagen ohne Beschränkung
- Bestands- und Drittanlagen (< 10D Abstand) mit Neuanlagen

Die Auslegungswerte nach DIBt 2012 (IEC 61400-1 ed. 3 (2010)) sind im oberen Teil dargestellt.

Im Anhang sind die Werte für andere Wöhler-Indizes (m=4, m=9 und m=14) dargestellt (nur für die Neuanlagen).

Tabelle 6: Effektive Turbulenzintensität (m=10) an den betrachteten Anlagenstandorten und Auslegungswerte nach DIBt 2012, Überschreitungen fett gedruckt.
Neubau ohne Betriebsbeschränkung und Bestand. und Fremdplanung..

Windgeschwindigkeit (m/s)	Alle WG	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21-25
Auslegungswert %																			
DIBt 2012		0,342	0,299	0,269	0,248	0,232	0,220	0,210	0,201	0,195	0,189	0,184	0,184	0,176	0,173	0,17	0,167	0,165	0,159
lfd. Nr.		Neubau 6x Nordex N163 (DIBt 2012)																	
1 (LW3)		0,230	0,230	0,229	0,228	0,226	0,219	0,210	0,201	0,192	0,183	0,175	0,168	0,163	0,159	0,155	0,153	0,150	0,145
2 (LW4)		0,247	0,247	0,247	0,244	0,243	0,237	0,229	0,219	0,209	0,199	0,190	0,183	0,177	0,173	0,170	0,168	0,166	0,162
3 (LW5)		0,250	0,247	0,241	0,237	0,232	0,224	0,213	0,202	0,192	0,183	0,176	0,169	0,165	0,162	0,160	0,158	0,157	0,155
4 (LW6)		0,243	0,243	0,243	0,241	0,239	0,233	0,224	0,214	0,204	0,193	0,184	0,175	0,168	0,163	0,158	0,155	0,152	0,146
5 (LW7)		0,248	0,245	0,241	0,236	0,232	0,223	0,213	0,202	0,192	0,182	0,175	0,168	0,164	0,160	0,157	0,155	0,153	0,148
6 (LW8)		0,238	0,238	0,238	0,237	0,232	0,227	0,218	0,208	0,197	0,188	0,180	0,173	0,168	0,163	0,159	0,156	0,154	0,150
		Bestand 2x N-117																	
7 (LW1)		0,270	0,261	0,255	0,247	0,232	0,220	0,205	0,185	0,169	0,155	0,147	0,143	0,142	0,142	0,142	0,142	0,142	0,142
8 (LW2)		0,250	0,242	0,229	0,218	0,206	0,194	0,182	0,166	0,156	0,15	0,146	0,144	0,143	0,142	0,142	0,142	0,142	0,142
		Weitere Planung (Fremdplanung)																	
9		0,240	0,238	0,236	0,224	0,215	0,204	0,194	0,184	0,176	0,17	0,166	0,162	0,160	0,159	0,158	0,150	0,150	0,150
10		0,253	0,245	0,233	0,221	0,212	0,203	0,193	0,185	0,177	0,172	0,169	0,166	0,165	0,165	0,164	0,150	0,150	0,150
11		0,261	0,261	0,261	0,247	0,238	0,228	0,218	0,207	0,196	0,189	0,182	0,176	0,172	0,170	0,168	0,150	0,150	0,150
12		0,253	0,249	0,241	0,232	0,220	0,207	0,193	0,181	0,171	0,164	0,159	0,154	0,152	0,150	0,149	0,147	0,147	0,147

Bewertung:

Die Umgebungsturbulenz liegt in einer für walddreiche Landschaften typischen Größenordnung.

Bestandsanlagen:

WEA Nr. 7-8 (LW1,2):

Die Turbulenzwerte werden beim Zubau nicht über die Grenzwerte nach DIBt 2012 erhöht.

Fremdplanung:

WEA 9-12 (TW1-4)

Die Turbulenzwerte werden beim Zubau nicht erhöht.

Neuanlagen

WEA Nr. 1-6 (LW3-8)

Die Richtwerte nach DIBt 2012 werden bei einigen Windgeschwindigkeiten leicht überschritten. Eine Lastrechnung durch den Hersteller wurde durchgeführt (s. folgendes Kapitel).

Die im Gutachten bestimmten Werte für mittlere Windgeschwindigkeit, Windscherung, Strömungsneigung und effektiver Turbulenz können als Eingang für einen Lastvergleich verwendet werden.

5.4.1 Lastrechnung für die Neuanlagen

Die geplanten Anlagen vom Typ Nordex N163 sind für die Windzone IEC S ausgelegt, d.h. für jeden Standort muss eine individuelle Prüfung der Standorteignung durch den Hersteller vorgenommen werden.

Die ermittelten effektiven Turbulenzintensitäten wurden in Verbindung mit weiteren für die Standorteignung berechneten Windbedingungen (siehe Kap. 5.5) als Eingangsgrößen für standortspezifische Berechnungen der Betriebslasten der neuen WEA durch den Anlagenhersteller verwendet. Damit kann die Standorteignung der WEA durch einen Vergleich mit den verwendeten Auslegungslasten des Anlagenherstellers überprüft werden.

Die für die Lastrechnung verwendeten Windbedingungen müssen die hier ermittelten Werte abdecken. Für im Rahmen dieses Gutachtens nicht ermittelte Windparameter können die entsprechenden Auslegungswerte des Herstellers verwendet werden.

Mit den Windbedingungen für die o.g. WEA wurden standortspezifische, detaillierte Lastrechnungen für die neuen WEA im Windpark durch den Hersteller Nordex durchgeführt. Dabei wurde eine 20-jährige Betriebszeit für alle Anlagen angenommen. Die Berechnungen ergaben keine Gefährdung der Standorteignung der geplanten WEA Nr.1-6. [7]

Die Standorteignung der Neuanlagen wird mit der vorliegenden Lastrechnung nachgewiesen.

5.5 Weitere Parameter zur Standorteignung für die geplanten WEA

Der Windpark Cramme II liegt in Windzone 2. Die mittlere Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe 164 m der neuen WEA beträgt 6,7-6,9 m/s.

Die folgenden Werte wurden für den standortspezifischen Nachweis der Neuanlagen verwendet.

Tabelle 7: Standortparameter an den neuen WEA.

WEA Nr.	Nabenhöhe	Neigung	Scherung	Luftdichte
N163 164m Nh	m	Grad	-	kg/m ³
1 (LW 3)	164	-1,2	0,24	1,212
2 (LW 4)	164	-2,1	0,25	1,212
3 (LW 5)	164	-1,4	0,24	1,212
4 (LW 6)	164	-2,4	0,25	1,212
5 (LW 7)	164	-1,4	0,24	1,212
6 (LW 8)	164	-1,8	0,25	1,212

Die vorstehenden Angaben sind unparteiisch und nach bestem Wissen und Gewissen ermittelt worden. Schadensersatzansprüche sind ausgeschlossen. Abschriften und Auszüge dürfen ohne Genehmigung des Verfassers nur vom Auftraggeber erstellt werden, um am beschriebenen Standort das Projekt zu realisieren.

SOWIWAS - Energie GmbH

Energie aus Sonne, Wind, Wasser und mehr

Watenstedter Straße 11

3 8 3 8 4 G e v e n s l e b e n

Telefon: 05354 - 99 06.235

Telefax: 05354 - 99 06.219

Internet: www.sowiwas.de

E-mail: gutachten@sowiwas.de

Gevensleben, den 13. Juni 2021



(Dr. Jost Constantin)



Peter Peters

(Teamleiter Zertifizierung u. Gutachten)

Literaturverzeichnis

- (1) Deutsches Institut für Bautechnik DIBt, Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung, Fassung Oktober 2012
- (2) Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt) Richtlinien für Windkraftanlagen: Schriften des DIBt, Reihe B Heft 8, Berlin 1995
- (3) Deutsches Institut für Bautechnik DIBt, Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung, Fassung März 2004
- (4) Europäischer Windatlas. Herausgeber: I.Troen, E.L.Petersen, Risø National Laboratory, Roskilde, Dänemark, 1990.
- (5) S. Frandsen & M.L. Thøgersen, Integrated Fatigue Loading for Wind Turbines in Wind Farms by Combining Ambient Turbulence and Wakes, Wind Engineering, Volume 23, No. 6, 1999.
- (6) Landwind GmbH: Energieertragsberechnungen für Windkraftanlagen, Standort Cramme II, Juni 2021.
- (7) Nordex Energy SE & Co. KG: DD03 – Load Assessment Report Turbine Loads - Cramme II (DE) 2 x Nordex N163/5.X (Mode 0) TCS164 IEC S + 4 x N163/5.X (Mode 0.b) TCS164 IEC S.. Rev. 0 / 2021-05-05 Document no.: 2018143EN. 30-4-2021.

Höhendaten:

SRTM (Shuttle Radar Topography mission) Daten im 5 m Abstand, bereitgestellt von EMD Dänemark.

Rauigkeitsdaten:

EUROPEAN WIND ATLAS, I. Troen und E.L. Petersen
ISBN 87-550-1482-8, Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark
1990.

Anhang

Ergebnisse der Berechnung:

Effektive Turbulenz für $m=4, 9, 10$ und 14 .

Site compliance - Annahmen

Leistungskennlinien

SOWIWAS Energie GmbH
Turbulenz- und Winddaten Cramme

WEA Nordex N163 164m Nh	Nabenhöhe m	Neigung Grad	Scherung -	Luftdichte kg/m³	A m/s	k -	UTM WGS84 Zone 32	
							Ost	Nord
1	164	-1,2	0,24	1,212	7,73	2,336	600.794	5.775.508
2	164	-2,1	0,25	1,212	7,55	2,346	601.214	5.775.303
3	164	-1,4	0,24	1,212	7,72	2,341	601.060	5.774.876
4	164	-2,4	0,25	1,212	7,53	2,351	601.407	5.774.590
5	164	-1,4	0,24	1,212	7,73	2,346	601.097	5.774.199
6	164	-1,8	0,25	1,212	7,58	2,354	601.435	5.773.898

effektive Turbulenzintensität

WEA m=10	4,0 m/s	5,0 m/s	6,0 m/s	7,0 m/s	8,0 m/s	9,0 m/s	10,0 m/s	11,0 m/s	12,0 m/s	13,0 m/s	14,0 m/s	15,0 m/s	16,0 m/s	17,0 m/s	18,0 m/s	19,0 m/s	20,0 m/s	21,0 m/s	22,0 m/s	23,0 m/s	24,0 m/s	25,0 m/s	
1		0,23	0,23	0,229	0,228	0,226	0,219	0,21	0,201	0,192	0,183	0,175	0,168	0,163	0,159	0,155	0,153	0,15	0,148	0,146	0,145	0,144	0,143
2		0,247	0,247	0,247	0,244	0,243	0,237	0,229	0,219	0,209	0,199	0,19	0,183	0,177	0,173	0,17	0,168	0,166	0,164	0,163	0,162	0,161	0,16
3		0,25	0,247	0,241	0,237	0,232	0,224	0,213	0,202	0,192	0,183	0,176	0,169	0,165	0,162	0,16	0,158	0,157	0,157	0,156	0,155	0,154	0,154
4		0,243	0,243	0,243	0,241	0,239	0,233	0,224	0,214	0,204	0,193	0,184	0,175	0,168	0,163	0,158	0,155	0,152	0,149	0,148	0,146	0,145	0,144
5		0,248	0,245	0,241	0,236	0,232	0,223	0,213	0,202	0,192	0,182	0,175	0,168	0,164	0,16	0,157	0,155	0,153	0,151	0,149	0,148	0,147	0,146
6		0,238	0,238	0,238	0,237	0,232	0,227	0,218	0,208	0,197	0,188	0,18	0,173	0,168	0,163	0,159	0,156	0,154	0,152	0,151	0,15	0,149	0,148

WEA m=4	4,0 m/s	5,0 m/s	6,0 m/s	7,0 m/s	8,0 m/s	9,0 m/s	10,0 m/s	11,0 m/s	12,0 m/s	13,0 m/s	14,0 m/s	15,0 m/s	16,0 m/s	17,0 m/s	18,0 m/s	19,0 m/s	20,0 m/s	21,0 m/s	22,0 m/s	23,0 m/s	24,0 m/s	25,0 m/s	
1		0,198	0,198	0,194	0,189	0,184	0,178	0,172	0,166	0,161	0,156	0,153	0,15	0,149	0,147	0,146	0,145	0,144	0,143	0,142	0,142	0,141	0,141
2		0,215	0,215	0,215	0,213	0,211	0,207	0,201	0,194	0,187	0,181	0,175	0,171	0,168	0,165	0,164	0,163	0,162	0,162	0,161	0,16	0,16	0,159
3		0,21	0,205	0,2	0,195	0,19	0,182	0,175	0,168	0,163	0,159	0,156	0,155	0,154	0,154	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153
4		0,215	0,214	0,213	0,217	0,209	0,204	0,198	0,19	0,182	0,174	0,167	0,162	0,157	0,154	0,151	0,149	0,148	0,146	0,145	0,144	0,144	0,143
5		0,208	0,205	0,203	0,196	0,191	0,183	0,175	0,167	0,161	0,156	0,152	0,15	0,148	0,147	0,146	0,145	0,144	0,144	0,143	0,143	0,142	0,142
6		0,216	0,216	0,216	0,213	0,21	0,205	0,198	0,189	0,181	0,173	0,167	0,163	0,159	0,156	0,154	0,152	0,15	0,149	0,148	0,148	0,147	0,147

WEA m=9	4,0 m/s	5,0 m/s	6,0 m/s	7,0 m/s	8,0 m/s	9,0 m/s	10,0 m/s	11,0 m/s	12,0 m/s	13,0 m/s	14,0 m/s	15,0 m/s	16,0 m/s	17,0 m/s	18,0 m/s	19,0 m/s	20,0 m/s	21,0 m/s	22,0 m/s	23,0 m/s	24,0 m/s	25,0 m/s	
1		0,225	0,224	0,223	0,221	0,221	0,214	0,205	0,196	0,187	0,179	0,171	0,165	0,161	0,156	0,153	0,151	0,149	0,147	0,145	0,144	0,143	0,142
2		0,245	0,245	0,244	0,242	0,24	0,234	0,226	0,216	0,206	0,197	0,188	0,181	0,175	0,172	0,169	0,167	0,165	0,164	0,162	0,161	0,161	0,16
3		0,245	0,24	0,236	0,231	0,227	0,218	0,208	0,197	0,188	0,179	0,172	0,167	0,163	0,16	0,158	0,157	0,157	0,156	0,155	0,154	0,154	0,154
4		0,239	0,239	0,239	0,238	0,235	0,229	0,221	0,211	0,201	0,191	0,181	0,173	0,166	0,161	0,157	0,154	0,151	0,149	0,147	0,146	0,145	0,144
5		0,246	0,241	0,236	0,231	0,227	0,218	0,208	0,197	0,187	0,178	0,171	0,165	0,161	0,157	0,154	0,152	0,151	0,149	0,148	0,147	0,146	0,145
6		0,234	0,234	0,234	0,231	0,229	0,224	0,215	0,205	0,195	0,186	0,178	0,172	0,166	0,161	0,158	0,155	0,153	0,152	0,15	0,149	0,149	0,148

WEA m=14	4,0 m/s	5,0 m/s	6,0 m/s	7,0 m/s	8,0 m/s	9,0 m/s	10,0 m/s	11,0 m/s	12,0 m/s	13,0 m/s	14,0 m/s	15,0 m/s	16,0 m/s	17,0 m/s	18,0 m/s	19,0 m/s	20,0 m/s	21,0 m/s	22,0 m/s	23,0 m/s	24,0 m/s	25,0 m/s	
1		0,249	0,247	0,245	0,243	0,24	0,234	0,225	0,216	0,205	0,196	0,187	0,18	0,173	0,168	0,164	0,161	0,158	0,154	0,15	0,148	0,146	0,145
2		0,258	0,258	0,258	0,256	0,253	0,246	0,237	0,227	0,216	0,205	0,196	0,188	0,182	0,177	0,173	0,171	0,169	0,166	0,164	0,162	0,161	0,161
3		0,26	0,257	0,254	0,251	0,247	0,238	0,228	0,217	0,206	0,196	0,187	0,18	0,174	0,169	0,166	0,164	0,162	0,159	0,158	0,157	0,156	0,155
4		0,251	0,251	0,251	0,251	0,248	0,242	0,232	0,222	0,212	0,2	0,191	0,182	0,174	0,168	0,163	0,16	0,156	0,152	0,149	0,148	0,146	0,145
5		0,253	0,252	0,249	0,249	0,245	0,238	0,227	0,217	0,206	0,196	0,187	0,18	0,174	0,169	0,166	0,163	0,161	0,157	0,155	0,152	0,151	0,15
6		0,25	0,247	0,243	0,243	0,242	0,236	0,227	0,216	0,206	0,196	0,187	0,179	0,172	0,167	0,163	0,16	0,157	0,154	0,152	0,151	0,15	0,15

Projekt:

Cramme
Landwind Projekt GmbH & Co.KG

Watenstedter Str. 11
38384 Gevensleben

Beschreibung:

Deutschland, Niedersachsen, Landkreis Wolfenbüttel:
 Cramme

Lizenzierter Anwender:

SOWIWAS - Energie GmbH

Watenstedter Straße 11
 DE-38384 Gevensleben
 +49 0 53 54 / 99 06 - 235
 Andreas Schulze / gutachten@sowiwas.de
 Berechnet:
 23.03.2021 17:40/3.4.405

SITE COMPLIANCE - Details & Annahmen

Berechnung: Tag $m=10$

Auslegungsnorm: IEC61400-1 ed. 3 (2010)

Allgemeine Daten, WEA-Ergebnisse

		WEA Mittel	Min WEA	Max WEA
u50j (Extremwind)	[m/s]	33,9	33,8	33,9
Mittlere Windgeschw.	[m/s]	6,6	6,6	6,7
k-Parameter ("kombinierte Weibull")	[-]	2,4	2,3	2,4
Mittlere Umgebungs-TI @ 15m/s)	[-]	0,11	0,11	0,12

Auslegungsparameter IEC-Klassen

		Klasse IIA
Vref (Extremwind)	[m/s]	42,5
Mittlere Windgeschw.	[m/s]	8,5
k-Parameter	[-]	2,0
I15 (mittlere TI bei 15 m/s)	[-]	0,16

WASP

WASP 11 Version 11.06.0012
 Hindernisse berücksichtigt
 Terraindaten
 A Cramme 2021

WASP-Parameter

Standard-WASP-Parameter

WASP Engineering Parameter

WASP Engineering 3.01.0121

Sektoren 12
 Reduziert geostrophisch $h=10m, z_0=0,05m, u=20m/s$
 Domäne Bereich: 5000m, Auflösung: 50m, Punkte N-S: 255, Punkte O-W: 220
 Turbulenzmodell Kaimal
 Terraindaten Cramme 2021
 Hindernisse nicht berücksichtigt

WEA

Neue WEA

UTM (north)-ETRS89 Zone: 32

ID	Ost	Nord	Z	Hersteller	Typ	Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Leistungskennlinie	
									Quelle	Name
			[m]			[kW]	[m]	[m]		
1	600.794,0	5.775.508,0	115,6	NORDEX	N163/5.X-5700	5.700	163,0	164,0	USER	Mode 0 - 1.225 kg/m ³ - R00
2	601.214,0	5.775.303,0	121,6	NORDEX	N163/5.X-5700	5.700	163,0	164,0	USER	Mode 0 - 1.225 kg/m ³ - R00
3	601.060,0	5.774.876,0	120,0	NORDEX	N163/5.X-5700	5.700	163,0	164,0	USER	Mode 0 - 1.225 kg/m ³ - R00
4	601.407,0	5.774.590,0	125,0	NORDEX	N163/5.X-5700	5.700	163,0	164,0	USER	Mode 0 - 1.225 kg/m ³ - R00
5	601.097,0	5.774.199,0	120,0	NORDEX	N163/5.X-5700	5.700	163,0	164,0	USER	Mode 0 - 1.225 kg/m ³ - R00
6	601.435,0	5.773.898,0	125,0	NORDEX	N163/5.X-5700	5.700	163,0	164,0	USER	Mode 0 - 1.225 kg/m ³ - R00

Existierende WEA (nur für Nachlauf-Turbulenz)

UTM (north)-ETRS89 Zone: 32

ID	Ost	Nord	Z	Hersteller	Typ	Nennleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Leistungskennlinie	
									Quelle	Name
			[m]			[kW]	[m]	[m]		
1	601.005,0	5.773.760,0	116,6	NORDEX	N117-2400	2.400	117,0	141,0	USER	Level 0 Rev 0 10/2013
2	601.050,0	5.773.469,0	115,0	NORDEX	N117-2400	2.400	117,0	141,0	USER	Level 0 Rev 0 10/2013
3	601.216,0	5.773.041,0	119,6	ENERCON	E-160 EP5 E2 TES-5500	5.500	160,0	166,6	USER	ber., Mode 0 s Standard_5500 kW
4	601.525,0	5.772.754,0	125,0	ENERCON	E-160 EP5 E2 TES-5500	5.500	160,0	166,6	USER	ber., Mode 0 s Standard_5500 kW
5	601.789,0	5.773.042,0	128,0	ENERCON	E-160 EP5 E2 TES-5500	5.500	160,0	166,6	USER	ber., Mode 0 s Standard_5500 kW
6	601.693,0	5.773.412,0	124,6	ENERCON	E-138 EP3 E2-4200	4.200	138,3	160,0	USER	Level 0 - BM 0s

Projekt:

Cramme
Landwind Projekt GmbH & Co.KG

Watenstedter Str. 11
38384 Gevensleben

Beschreibung:

Deutschland, Niedersachsen, Landkreis Wolfenbüttel:
 Cramme

Lizenzierter Anwender:

SOWIWAS - Energie GmbH
 Watenstedter Straße 11
 DE-38384 Gevensleben
 +49 0 53 54 / 99 06 - 235
 Andreas Schulze / gutachten@sowiwas.de
 Berechnet:
 09.06.2021 16:23/3.4.405

PARK - Leistungskennlinien-Analyse

Berechnung: 6x N163 TagWEA: LW 03 - NORDEX N163/5.X 5700 163.0 !O!, Nabenhöhe: 164,0 m

Name: Mode 0 - 1.225 kg/m³ - R00

Datenquelle: F008_276_A13_R00

Quelle/Datum	Erzeugt von	Erzeugt	Bearbeitet	Abschaltwind- geschwindigkeit [m/s]	Leistungsbegrenzung	Schubbeiwert (Ct)	Generatortyp	Leistungs- dichte kW/m ²
03.06.2019	USER	03.06.2019	09.04.2020	26,0	Pitch	Benutzerdefiniert	variabel	0,27

Leistungskennlinie

Originaldaten, Luftdichte: 1,225 kg/m³

Windgeschwindigkeit [m/s]	Leistung [kW]	Cp	Windgeschwindigkeit [m/s]	Ct
3,0	48,0	0,14	3,0	0,88
3,5	155,0	0,28	3,5	0,87
4,0	298,0	0,36	4,0	0,85
4,5	476,0	0,41	4,5	0,83
5,0	687,0	0,43	5,0	0,82
5,5	938,0	0,44	5,5	0,81
6,0	1.236,0	0,45	6,0	0,81
6,5	1.586,0	0,45	6,5	0,81
7,0	1.993,0	0,45	7,0	0,81
7,5	2.461,0	0,46	7,5	0,79
8,0	2.985,0	0,46	8,0	0,77
8,5	3.529,0	0,45	8,5	0,73
9,0	4.067,0	0,44	9,0	0,69
9,5	4.576,0	0,42	9,5	0,64
10,0	4.989,0	0,39	10,0	0,59
10,5	5.286,0	0,36	10,5	0,54
11,0	5.489,0	0,32	11,0	0,49
11,5	5.617,0	0,29	11,5	0,44
12,0	5.682,0	0,26	12,0	0,39
12,5	5.699,0	0,23	12,5	0,35
13,0	5.700,0	0,20	13,0	0,31
13,5	5.700,0	0,18	13,5	0,28
14,0	5.700,0	0,16	14,0	0,25
14,5	5.700,0	0,15	14,5	0,22
15,0	5.700,0	0,13	15,0	0,20
15,5	5.700,0	0,12	15,5	0,18
16,0	5.700,0	0,11	16,0	0,16
16,5	5.700,0	0,10	16,5	0,15
17,0	5.700,0	0,09	17,0	0,14
17,5	5.700,0	0,08	17,5	0,13
18,0	5.700,0	0,08	18,0	0,12
18,5	5.700,0	0,07	18,5	0,11
19,0	5.700,0	0,07	19,0	0,10
19,5	5.700,0	0,06	19,5	0,10
20,0	5.700,0	0,06	20,0	0,09
20,5	5.586,0	0,05	20,5	0,09
21,0	5.455,0	0,05	21,0	0,08
21,5	5.307,0	0,04	21,5	0,07
22,0	5.153,0	0,04	22,0	0,06
22,5	5.005,0	0,03	22,5	0,06
23,0	4.856,0	0,03	23,0	0,05
23,5	4.708,0	0,03	23,5	0,05
24,0	4.560,0	0,03	24,0	0,05
24,5	4.418,0	0,02	24,5	0,04
25,0	4.269,0	0,02	25,0	0,04
25,5	4.121,0	0,02	25,5	0,04
26,0	3.973,0	0,02	26,0	0,03

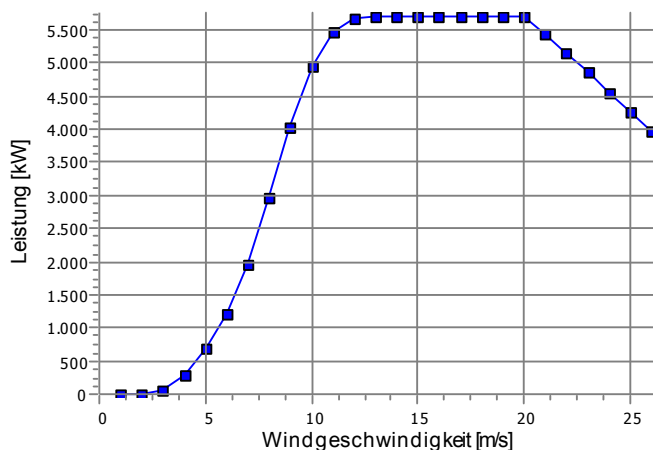
Leistung, Effizienz und Energie vs. Windgeschw.

Daten in der Berechnung verwendet, Luftdichte: 1,212 kg/m³ Neue windPRO-Methode (Modifizierte IEC-Methode mit besserer Anpassung an WEA-Steuerung) <EMPFÖHLEN>

Windgeschwin- digkeit [m/s]	Leistung [kW]	Cp	Intervall [m/s]	Energie [MWh]	Akkum. Energie [MWh]	Relativ [%]
1,0	0,0	0,00	0,50- 1,50	0,0	0,0	0,0
2,0	0,0	0,00	1,50- 2,50	0,0	0,0	0,0
3,0	45,6	0,13	2,50- 3,50	56,5	56,5	0,3
4,0	293,7	0,36	3,50- 4,50	274,5	331,0	1,8
5,0	679,1	0,43	4,50- 5,50	694,0	1.025,0	5,7
6,0	1.222,7	0,45	5,50- 6,50	1.280,5	2.305,5	12,7
7,0	1.971,7	0,45	6,50- 7,50	1.947,4	4.252,9	23,5
8,0	2.953,4	0,46	7,50- 8,50	2.529,9	6.782,8	37,5
9,0	4.027,4	0,44	8,50- 9,50	2.804,9	9.587,7	53,0
10,0	4.949,6	0,39	9,50-10,50	2.630,3	12.218,0	67,5
11,0	5.463,5	0,32	10,50-11,50	2.110,5	14.328,6	79,2
12,0	5.671,8	0,26	11,50-12,50	1.498,1	15.826,7	87,5
13,0	5.699,8	0,21	12,50-13,50	973,1	16.799,7	92,8
14,0	5.700,0	0,16	13,50-14,50	592,3	17.392,0	96,1
15,0	5.700,0	0,13	14,50-15,50	341,0	17.733,0	98,0
16,0	5.700,0	0,11	15,50-16,50	185,6	17.918,6	99,0
17,0	5.700,0	0,09	16,50-17,50	95,5	18.014,1	99,5
18,0	5.700,0	0,08	17,50-18,50	46,5	18.060,6	99,8
19,0	5.700,0	0,07	18,50-19,50	21,3	18.081,9	99,9
20,0	5.700,0	0,06	19,50-20,50	9,2	18.091,1	100,0
21,0	5.455,0	0,05	20,50-21,50	3,6	18.094,7	100,0
22,0	5.153,0	0,04	21,50-22,50	1,3	18.096,0	100,0
23,0	4.856,0	0,03	22,50-23,50	0,4	18.096,5	100,0
24,0	4.560,0	0,03	23,50-24,50	0,1	18.096,6	100,0
25,0	4.269,0	0,02	24,50-25,50	0,0	18.096,7	100,0
26,0	3.973,0	0,02	25,50-26,50	0,0	18.096,7	100,0

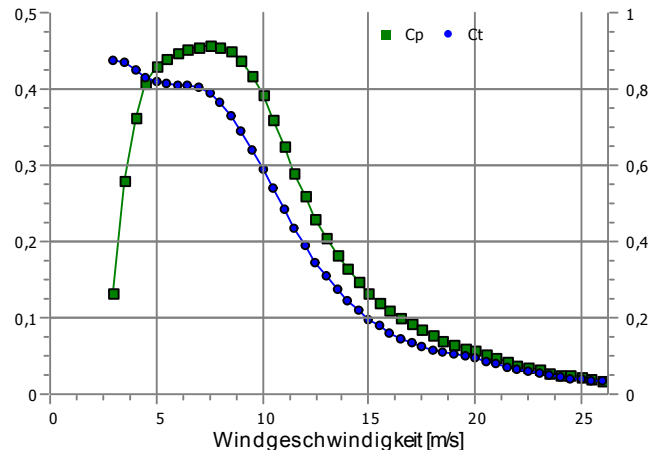
Leistungskennlinie

Für Luftdichte: 1,212 kg/m³ und Referenzklimadaten



Cp- und Ct-Kennlinie

Für Luftdichte: 1,212 kg/m³ und Referenzklimadaten



Projekt:

Cramme
Landwind Projekt GmbH & Co.KG

Beschreibung:

Deutschland, Niedersachsen, Landkreis Wolfenbüttel:
 Cramme

Lizenzierter Anwender:

SOWIWAS - Energie GmbH
 Watenstedter Straße 11
 DE-38384 Gevensleben
 +49 0 53 54 / 99 06 - 235
 Andreas Schulze / gutachten@sowiwas.de
 Berechnet:
 09.06.2021 16:20/3.4.405

Watenstedter Str. 11
38384 Gevensleben

PARK - Leistungskennlinien-Analyse

Berechnung: 6x N163 NachtWEA: LW 05 - NORDEX N163/5.X 5700 163.0 !O!, Nabenhöhe: 164,0 m

Name: Mode 5 21-05-2019

Datenquelle: Nordex

Quelle/Datum	Erzeugt von	Erzeugt	Bearbeitet	Abschaltwind- geschwindigkeit [m/s]	Leistungsbegrenzung	Schubbeiwert (Ct)	Generatortyp	Leistungs- dichte kW/m ²
09.04.2020	USER	09.04.2020	09.04.2020	25,0	Pitch	Benutzerdefiniert	variabel	0,27
Dok. F008_276_A12_DE Rev OO 21.5.2019								

Leistungskennlinie

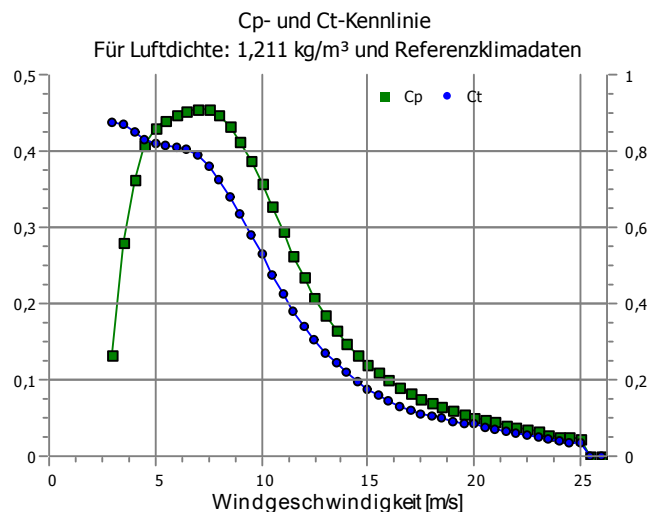
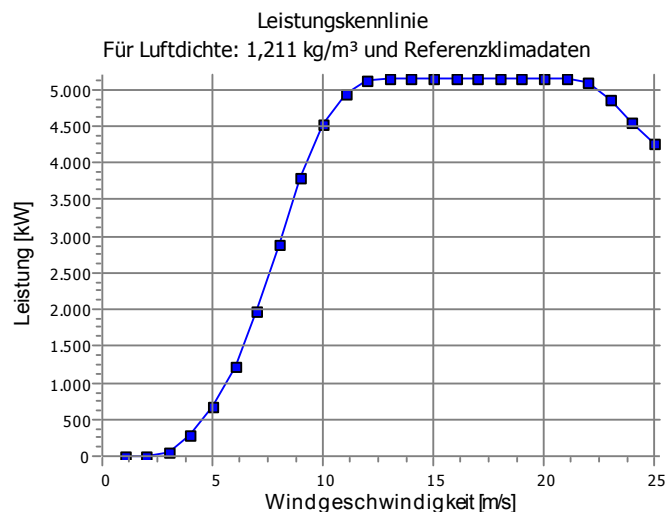
Originaldaten, Luftdichte: 1,225 kg/m³

Windgeschwindigkeit [m/s]	Leistung [kW]	Cp	Windgeschwindigkeit [m/s]	Ct
3,0	48,0	0,14	3,0	0,88
3,5	155,0	0,28	3,5	0,87
4,0	298,0	0,36	4,0	0,85
4,5	476,0	0,41	4,5	0,83
5,0	687,0	0,43	5,0	0,82
5,5	938,0	0,44	5,5	0,81
6,0	1.236,0	0,45	6,0	0,81
6,5	1.586,0	0,45	6,5	0,81
7,0	1.994,0	0,45	7,0	0,79
7,5	2.450,0	0,45	7,5	0,76
8,0	2.923,0	0,45	8,0	0,72
8,5	3.388,0	0,43	8,5	0,68
9,0	3.829,0	0,41	9,0	0,63
9,5	4.237,0	0,39	9,5	0,58
10,0	4.565,0	0,36	10,0	0,53
10,5	4.805,0	0,32	10,5	0,48
11,0	4.971,0	0,29	11,0	0,43
11,5	5.078,0	0,26	11,5	0,38
12,0	5.134,0	0,23	12,0	0,34
12,5	5.149,0	0,21	12,5	0,30
13,0	5.150,0	0,18	13,0	0,27
13,5	5.150,0	0,16	13,5	0,24
14,0	5.150,0	0,15	14,0	0,22
14,5	5.150,0	0,13	14,5	0,20
15,0	5.150,0	0,12	15,0	0,18
15,5	5.150,0	0,11	15,5	0,16
16,0	5.150,0	0,10	16,0	0,14
16,5	5.150,0	0,09	16,5	0,13
17,0	5.150,0	0,08	17,0	0,12
17,5	5.150,0	0,08	17,5	0,11
18,0	5.150,0	0,07	18,0	0,10
18,5	5.150,0	0,06	18,5	0,10
19,0	5.150,0	0,06	19,0	0,09
19,5	5.150,0	0,05	19,5	0,09
20,0	5.150,0	0,05	20,0	0,08
20,5	5.150,0	0,05	20,5	0,08
21,0	5.150,0	0,04	21,0	0,07
21,5	5.150,0	0,04	21,5	0,06
22,0	5.109,0	0,04	22,0	0,06
22,5	5.005,0	0,03	22,5	0,05
23,0	4.856,0	0,03	23,0	0,05
23,5	4.708,0	0,03	23,5	0,04
24,0	4.560,0	0,03	24,0	0,04
24,5	4.418,0	0,02	24,5	0,04
25,0	4.269,0	0,02	25,0	0,04
25,5	4.121,0	0,00	25,5	0,03
26,0	3.973,0	0,00	26,0	0,03

Leistung, Effizienz und Energie vs. Windgeschw.

Daten in der Berechnung verwendet, Luftdichte: 1,211 kg/m³ Neue windPRO-Methode (Modifizierte IEC-Methode mit besserer Anpassung an WEA-Steuerung) <EMPFÖHLEN>

Windgeschwindigkeit [m/s]	Leistung [kW]	Cp	Intervall [m/s]	Energie [MWh]	Akkum. Energie [MWh]	Relativ [%]
1,0	0,0	0,00	0,50- 1,50	0,0	0,0	0,0
2,0	0,0	0,00	1,50- 2,50	0,0	0,0	0,0
3,0	45,5	0,13	2,50- 3,50	56,1	56,1	0,3
4,0	293,6	0,36	3,50- 4,50	272,5	328,6	1,9
5,0	678,8	0,43	4,50- 5,50	688,4	1.017,0	6,0
6,0	1.222,1	0,45	5,50- 6,50	1.269,6	2.286,6	13,5
7,0	1.971,8	0,45	6,50- 7,50	1.926,2	4.212,9	24,8
8,0	2.893,3	0,45	7,50- 8,50	2.452,0	6.664,9	39,3
9,0	3.795,2	0,41	8,50- 9,50	2.630,2	9.295,1	54,8
10,0	4.532,5	0,36	9,50-10,50	2.404,8	11.699,9	69,0
11,0	4.949,3	0,29	10,50-11,50	1.906,9	13.606,7	80,2
12,0	5.124,8	0,23	11,50-12,50	1.348,0	14.954,7	88,2
13,0	5.149,8	0,19	12,50-13,50	872,6	15.827,3	93,3
14,0	5.150,0	0,15	13,50-14,50	527,5	16.354,7	96,4
15,0	5.150,0	0,12	14,50-15,50	300,0	16.654,8	98,2
16,0	5.150,0	0,10	15,50-16,50	160,3	16.815,1	99,1
17,0	5.150,0	0,08	16,50-17,50	80,4	16.895,4	99,6
18,0	5.150,0	0,07	17,50-18,50	37,7	16.933,2	99,8
19,0	5.150,0	0,06	18,50-19,50	16,6	16.949,8	99,9
20,0	5.150,0	0,05	19,50-20,50	6,8	16.956,6	100,0
21,0	5.150,0	0,04	20,50-21,50	2,6	16.959,2	100,0
22,0	5.109,0	0,04	21,50-22,50	0,9	16.960,2	100,0
23,0	4.856,0	0,03	22,50-23,50	0,3	16.960,5	100,0
24,0	4.560,0	0,03	23,50-24,50	0,1	16.960,5	100,0
25,0	4.269,0	0,02	24,50-25,50	0,0	16.960,6	100,0



Projekt:

Cramme
Landwind Projekt GmbH & Co.KG

Watenstedter Str. 11
38384 Gevensleben

Beschreibung:

Deutschland, Niedersachsen, Landkreis Wolfenbüttel:
 Cramme

Lizenzierter Anwender:

SOWIWAS - Energie GmbH
 Watenstedter Straße 11
 DE-38384 Gevensleben
 +49 0 53 54 / 99 06 - 235
 Andreas Schulze / gutachten@sowiwas.de
 Berechnet:
 09.06.2021 16:20/3.4.405

PARK - Leistungskennlinien-Analyse

Berechnung: 6x N163 NachtWEA: LW 07 - NORDEX N163/5.X 5700 163.0 !O!, Nabenhöhe: 164,0 m

Name: Mode 7 21-05-2019

Datenquelle: Nordex

Quelle/Datum	Erzeugt von	Erzeugt	Bearbeitet	Abschaltwind- geschwindigkeit [m/s]	Leistungsbegrenzung	Schubbeiwert (Ct)	Generatortyp	Leistungs- dichte kW/m ²
09.04.2020	USER	09.04.2020	09.07.2020	25,0	Pitch	Benutzerdefiniert	variabel	0,27
Dok. F008_276_A12_DE Rev OO 21.5.2019								

Leistungskennlinie

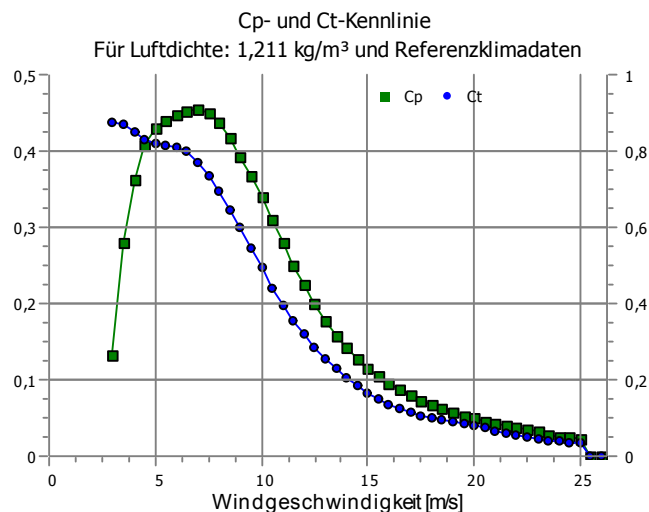
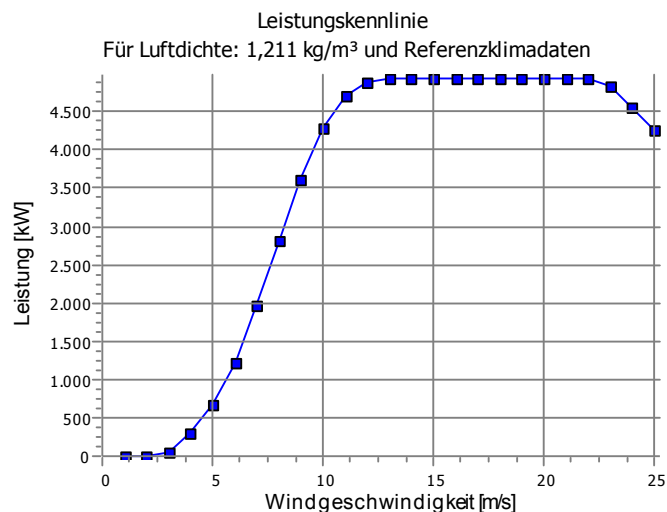
Originaldaten, Luftdichte: 1,225 kg/m³

Windgeschwindigkeit [m/s]	Leistung [kW]	Cp	Windgeschwindigkeit [m/s]	Ct
3,0	48,0	0,14	3,0	0,88
3,5	155,0	0,28	3,5	0,87
4,0	298,0	0,36	4,0	0,85
4,5	476,0	0,41	4,5	0,83
5,0	687,0	0,43	5,0	0,82
5,5	938,0	0,44	5,5	0,81
6,0	1.236,0	0,45	6,0	0,81
6,5	1.586,0	0,45	6,5	0,80
7,0	1.990,0	0,45	7,0	0,77
7,5	2.421,0	0,45	7,5	0,74
8,0	2.852,0	0,44	8,0	0,69
8,5	3.263,0	0,42	8,5	0,65
9,0	3.647,0	0,39	9,0	0,60
9,5	4.006,0	0,37	9,5	0,55
10,0	4.318,0	0,34	10,0	0,49
10,5	4.552,0	0,31	10,5	0,44
11,0	4.721,0	0,28	11,0	0,40
11,5	4.835,0	0,25	11,5	0,36
12,0	4.902,0	0,22	12,0	0,32
12,5	4.929,0	0,20	12,5	0,28
13,0	4.930,0	0,18	13,0	0,26
13,5	4.930,0	0,16	13,5	0,23
14,0	4.930,0	0,14	14,0	0,21
14,5	4.930,0	0,13	14,5	0,19
15,0	4.930,0	0,11	15,0	0,17
15,5	4.930,0	0,10	15,5	0,15
16,0	4.930,0	0,09	16,0	0,14
16,5	4.930,0	0,09	16,5	0,13
17,0	4.930,0	0,08	17,0	0,12
17,5	4.930,0	0,07	17,5	0,11
18,0	4.930,0	0,07	18,0	0,10
18,5	4.930,0	0,06	18,5	0,09
19,0	4.930,0	0,06	19,0	0,09
19,5	4.930,0	0,05	19,5	0,08
20,0	4.930,0	0,05	20,0	0,08
20,5	4.930,0	0,04	20,5	0,07
21,0	4.930,0	0,04	21,0	0,07
21,5	4.930,0	0,04	21,5	0,06
22,0	4.930,0	0,04	22,0	0,06
22,5	4.913,0	0,03	22,5	0,05
23,0	4.838,0	0,03	23,0	0,05
23,5	4.708,0	0,03	23,5	0,04
24,0	4.560,0	0,03	24,0	0,04
24,5	4.418,0	0,02	24,5	0,04
25,0	4.269,0	0,02	25,0	0,03
25,5	4.121,0	0,00	25,5	0,03
26,0	3.973,0	0,00	26,0	0,03

Leistung, Effizienz und Energie vs. Windgeschw.

Daten in der Berechnung verwendet, Luftdichte: 1,211 kg/m³ Neue windPRO-Methode (Modifizierte IEC-Methode mit besserer Anpassung an WEA-Steuerung) <EMPFÖHLEN>

Windgeschwin- digkeit [m/s]	Leistung [kW]	Cp	Intervall [m/s]	Energie [MWh]	Akkum. Energie [MWh]	Relativ [%]
1,0	0,0	0,00	0,50- 1,50	0,0	0,0	0,0
2,0	0,0	0,00	1,50- 2,50	0,0	0,0	0,0
3,0	45,5	0,13	2,50- 3,50	55,1	55,1	0,3
4,0	293,6	0,36	3,50- 4,50	267,6	322,7	2,0
5,0	678,8	0,43	4,50- 5,50	676,1	998,8	6,1
6,0	1.222,1	0,45	5,50- 6,50	1.248,8	2.247,6	13,8
7,0	1.968,1	0,45	6,50- 7,50	1.887,3	4.134,9	25,4
8,0	2.825,0	0,44	7,50- 8,50	2.367,7	6.502,6	40,0
9,0	3.617,6	0,39	8,50- 9,50	2.497,4	9.000,0	55,4
10,0	4.287,1	0,34	9,50-10,50	2.270,9	11.270,8	69,3
11,0	4.698,9	0,28	10,50-11,50	1.808,3	13.079,2	80,5
12,0	4.891,0	0,22	11,50-12,50	1.283,3	14.362,4	88,4
13,0	4.929,8	0,18	12,50-13,50	830,4	15.192,9	93,5
14,0	4.930,0	0,14	13,50-14,50	499,2	15.692,1	96,5
15,0	4.930,0	0,12	14,50-15,50	281,9	15.973,9	98,3
16,0	4.930,0	0,10	15,50-16,50	149,3	16.123,3	99,2
17,0	4.930,0	0,08	16,50-17,50	74,1	16.197,4	99,6
18,0	4.930,0	0,07	17,50-18,50	34,4	16.231,7	99,9
19,0	4.930,0	0,06	18,50-19,50	14,9	16.246,6	99,9
20,0	4.930,0	0,05	19,50-20,50	6,0	16.252,7	100,0
21,0	4.930,0	0,04	20,50-21,50	2,3	16.254,9	100,0
22,0	4.930,0	0,04	21,50-22,50	0,8	16.255,7	100,0
23,0	4.838,0	0,03	22,50-23,50	0,3	16.256,0	100,0
24,0	4.560,0	0,03	23,50-24,50	0,1	16.256,0	100,0
25,0	4.269,0	0,02	24,50-25,50	0,0	16.256,1	100,0



Projekt:

Cramme
Landwind Projekt GmbH & Co.KG

Watenstedter Str. 11
38384 Gevensleben

Beschreibung:

Deutschland, Niedersachsen, Landkreis Wolfenbüttel:
 Cramme

Lizenzierter Anwender:

SOWIWAS - Energie GmbH
 Watenstedter Straße 11
 DE-38384 Gevensleben
 +49 0 53 54 / 99 06 - 235
 Andreas Schulze / gutachten@sowiwas.de
 Berechnet:
 09.06.2021 16:20/3.4.405

PARK - Leistungskennlinien-Analyse

Berechnung: 6x N163 NachtWEA: LW 08 - NORDEX N163/5.X 5700 163.0 !O!, Nabenhöhe: 164,0 m

Name: Mode 8 21-05-2019

Datenquelle: Nordex

Quelle/Datum	Erzeugt von	Erzeugt	Bearbeitet	Abschaltwind- geschwindigkeit	Leistungsbegrenzung	Schubbeiwert (Ct)	Generatortyp	Leistungs- dichte
09.04.2020	USER	09.04.2020	22.06.2020	[m/s] 25,0	Pitch	Benutzerdefiniert	variabel	kW/m ² 0,27
Dok. F008_276_A12_DE Rev OO 21.5.2019								

Leistungskennlinie

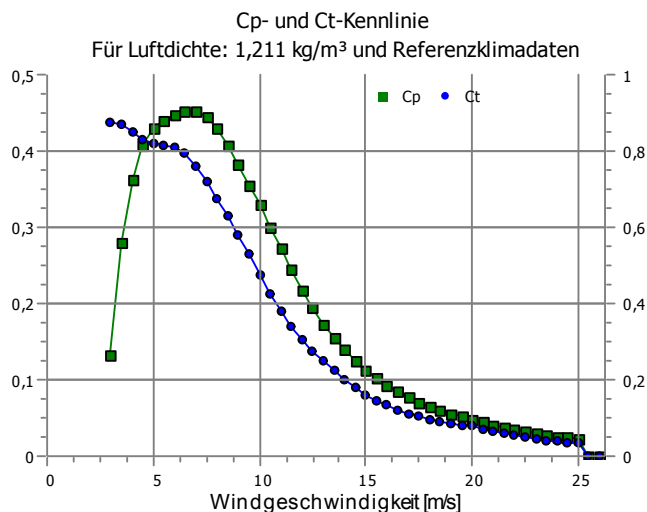
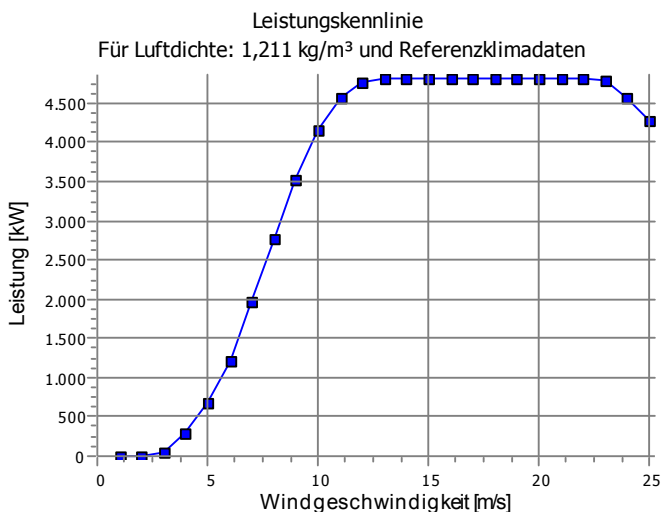
Originaldaten, Luftdichte: 1,225 kg/m³

Windgeschwindigkeit [m/s]	Leistung [kW]	Cp	Windgeschwindigkeit [m/s]	Ct
3,0	48,0	0,14	3,0	0,88
3,5	155,0	0,28	3,5	0,87
4,0	298,0	0,36	4,0	0,85
4,5	476,0	0,41	4,5	0,83
5,0	687,0	0,43	5,0	0,82
5,5	938,0	0,44	5,5	0,81
6,0	1.236,0	0,45	6,0	0,81
6,5	1.587,0	0,45	6,5	0,79
7,0	1.985,0	0,45	7,0	0,76
7,5	2.400,0	0,45	7,5	0,72
8,0	2.807,0	0,43	8,0	0,68
8,5	3.191,0	0,41	8,5	0,63
9,0	3.549,0	0,38	9,0	0,58
9,5	3.886,0	0,35	9,5	0,53
10,0	4.191,0	0,33	10,0	0,48
10,5	4.421,0	0,30	10,5	0,43
11,0	4.590,0	0,27	11,0	0,38
11,5	4.706,0	0,24	11,5	0,34
12,0	4.778,0	0,22	12,0	0,31
12,5	4.809,0	0,19	12,5	0,28
13,0	4.810,0	0,17	13,0	0,25
13,5	4.810,0	0,15	13,5	0,22
14,0	4.810,0	0,14	14,0	0,20
14,5	4.810,0	0,12	14,5	0,18
15,0	4.810,0	0,11	15,0	0,16
15,5	4.810,0	0,10	15,5	0,15
16,0	4.810,0	0,09	16,0	0,13
16,5	4.810,0	0,08	16,5	0,12
17,0	4.810,0	0,08	17,0	0,11
17,5	4.810,0	0,07	17,5	0,10
18,0	4.810,0	0,06	18,0	0,10
18,5	4.810,0	0,06	18,5	0,09
19,0	4.810,0	0,05	19,0	0,09
19,5	4.810,0	0,05	19,5	0,08
20,0	4.810,0	0,05	20,0	0,08
20,5	4.810,0	0,04	20,5	0,07
21,0	4.810,0	0,04	21,0	0,07
21,5	4.810,0	0,04	21,5	0,06
22,0	4.810,0	0,04	22,0	0,05
22,5	4.810,0	0,03	22,5	0,05
23,0	4.783,0	0,03	23,0	0,05
23,5	4.700,0	0,03	23,5	0,04
24,0	4.560,0	0,03	24,0	0,04
24,5	4.418,0	0,02	24,5	0,04
25,0	4.269,0	0,02	25,0	0,03
25,5	4.121,0	0,00	25,5	0,03
26,0	3.973,0	0,00	26,0	0,03

Leistung, Effizienz und Energie vs. Windgeschw.

Daten in der Berechnung verwendet, Luftdichte: 1,211 kg/m³ Neue windPRO-Methode (Modifizierte IEC-Methode mit besserer Anpassung an WEA-Steuerung) <EMPFOHLEN>

Windgeschwindigkeit [m/s]	Leistung [kW]	Cp	Intervall [m/s]	Energie [MWh]	Akkum. Energie [MWh]	Relativ [%]
1,0	0,0	0,00	0,50- 1,50	0,0	0,0	0,0
2,0	0,0	0,00	1,50- 2,50	0,0	0,0	0,0
3,0	45,4	0,13	2,50- 3,50	53,4	53,4	0,4
4,0	293,4	0,36	3,50- 4,50	258,2	311,5	2,2
5,0	678,5	0,43	4,50- 5,50	648,4	960,0	6,7
6,0	1.221,5	0,45	5,50- 6,50	1.188,6	2.148,6	14,9
7,0	1.962,5	0,45	6,50- 7,50	1.770,1	3.918,7	27,2
8,0	2.780,4	0,43	7,50- 8,50	2.170,9	6.089,6	42,2
9,0	3.520,4	0,38	8,50- 9,50	2.233,4	8.323,0	57,7
10,0	4.159,5	0,33	9,50-10,50	1.986,9	10.309,8	71,5
11,0	4.566,9	0,27	10,50-11,50	1.550,0	11.859,8	82,3
12,0	4.765,7	0,22	11,50-12,50	1.073,9	12.933,7	89,7
13,0	4.809,8	0,17	12,50-13,50	675,5	13.609,2	94,4
14,0	4.810,0	0,14	13,50-14,50	392,9	14.002,0	97,1
15,0	4.810,0	0,11	14,50-15,50	214,1	14.216,2	98,6
16,0	4.810,0	0,09	15,50-16,50	109,3	14.325,5	99,4
17,0	4.810,0	0,08	16,50-17,50	52,2	14.377,8	99,7
18,0	4.810,0	0,07	17,50-18,50	23,3	14.401,1	99,9
19,0	4.810,0	0,06	18,50-19,50	9,7	14.410,8	100,0
20,0	4.810,0	0,05	19,50-20,50	3,8	14.414,6	100,0
21,0	4.810,0	0,04	20,50-21,50	1,4	14.415,9	100,0
22,0	4.810,0	0,04	21,50-22,50	0,4	14.416,4	100,0
23,0	4.783,0	0,03	22,50-23,50	0,1	14.416,5	100,0
24,0	4.560,0	0,03	23,50-24,50	0,0	14.416,5	100,0
25,0	4.269,0	0,02	24,50-25,50	0,0	14.416,5	100,0



Projekt:

Cramme
Landwind Projekt GmbH & Co.KG

Watenstedter Str. 11
38384 Gevensleben

Beschreibung:

Deutschland, Niedersachsen, Landkreis Wolfenbüttel:
 Cramme

Lizenzierter Anwender:

SOWIWAS - Energie GmbH
 Watenstedter Straße 11
 DE-38384 Gevensleben
 +49 0 53 54 / 99 06 - 235
 Andreas Schulze / gutachten@sowiwass.de
 Berechnet:
 09.06.2021 16:20/3.4.405

PARK - Leistungskennlinien-Analyse

Berechnung: 6x N163 NachtWEA: LW 01 - NORDEX N117 2400 117.0 !O!, Nabenhöhe: 141,0 m

Name: Level 0 Rev 0 10/2013

Datenquelle: Nordex

Quelle/Datum	Erzeugt von	Erzeugt	Bearbeitet	Abschaltwind- geschwindigkeit	Leistungsbegrenzung	Schubbeiwert (Ct)	Generatortyp	Leistungs- dichte
07.08.2014 nach Dok. F008_146_A12_DE	USER	07.08.2014	07.08.2014	[m/s] 25,0	Pitch	Benutzerdefiniert	variabel	kW/m ² 0,22

Leistungskennlinie

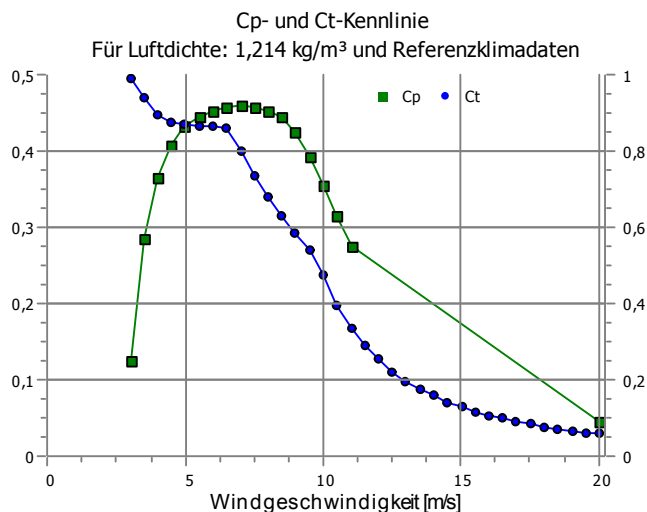
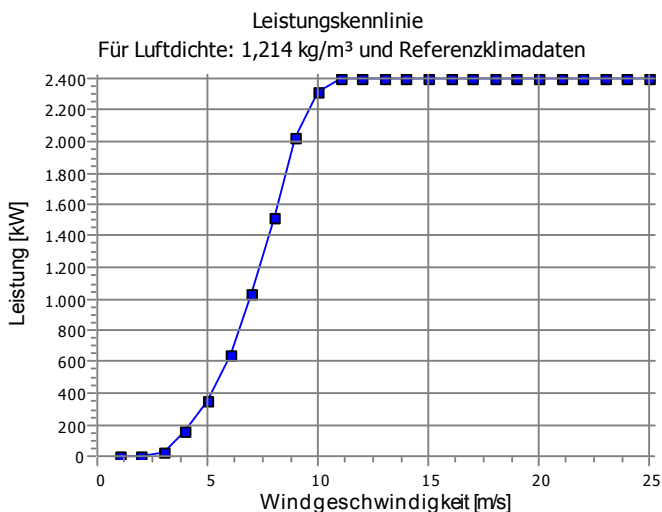
Originaldaten, Luftdichte: 1,225 kg/m³

Windgeschwin- digkeit	Leistung	Cp	Windgeschwindigkeit	Ct
3,0	23,0	0,13	3,0	0,99
3,5	81,0	0,29	3,5	0,94
4,0	154,0	0,37	4,0	0,90
4,5	245,0	0,41	4,5	0,88
5,0	356,0	0,43	5,0	0,87
5,5	488,0	0,45	5,5	0,87
6,0	644,0	0,45	6,0	0,86
6,5	826,0	0,46	6,5	0,86
7,0	1.037,0	0,46	7,0	0,80
7,5	1.273,0	0,46	7,5	0,74
8,0	1.528,0	0,45	8,0	0,68
8,5	1.797,0	0,44	8,5	0,63
9,0	2.039,0	0,42	9,0	0,58
9,5	2.212,0	0,39	9,5	0,54
10,0	2.325,0	0,35	10,0	0,47
10,5	2.385,0	0,31	10,5	0,39
11,0	2.400,0	0,27	11,0	0,34
20,0	2.400,0	0,05	11,5	0,29
			12,0	0,25
			12,5	0,22
			13,0	0,20
			13,5	0,18
			14,0	0,16
			14,5	0,14
			15,0	0,13
			15,5	0,12
			16,0	0,11
			16,5	0,10
			17,0	0,09
			17,5	0,08
			18,0	0,08
			18,5	0,07
			19,0	0,07
			19,5	0,06
			20,0	0,06

Leistung, Effizienz und Energie vs. Windgeschw.

Daten in der Berechnung verwendet, Luftdichte: 1,214 kg/m³ Neue windPRO-Methode (Modifizierte IEC-Methode mit besserer Anpassung an WEA-Steuerung) <EMPFÖHLEN>

Windgeschwin- digkeit	Leistung	Cp	Intervall	Energie	Akkum. Energie	Relativ
[m/s]	[kW]		[m/s]	[MWh]	[MWh]	[%]
1,0	0,0	0,00	0,50- 1,50	0,0	0,0	0,0
2,0	0,0	0,00	1,50- 2,50	0,0	0,0	0,0
3,0	22,0	0,12	2,50- 3,50	31,2	31,2	0,4
4,0	152,3	0,36	3,50- 4,50	148,4	179,6	2,3
5,0	352,7	0,43	4,50- 5,50	370,8	550,4	7,0
6,0	638,4	0,45	5,50- 6,50	673,8	1.224,1	15,5
7,0	1.028,2	0,46	6,50- 7,50	998,4	2.222,5	28,1
8,0	1.515,7	0,45	7,50- 8,50	1.250,0	3.472,6	43,9
9,0	2.024,7	0,43	8,50- 9,50	1.303,9	4.776,5	60,4
10,0	2.316,4	0,35	9,50-10,50	1.117,5	5.894,0	74,5
11,0	2.398,5	0,28	10,50-11,50	810,1	6.704,1	84,7
12,0	2.400,0	0,21	11,50-12,50	526,3	7.230,4	91,4
13,0	2.400,0	0,17	12,50-13,50	318,8	7.549,2	95,4
14,0	2.400,0	0,13	13,50-14,50	181,0	7.730,2	97,7
15,0	2.400,0	0,11	14,50-15,50	96,1	7.826,3	98,9
16,0	2.400,0	0,09	15,50-16,50	47,7	7.874,1	99,5
17,0	2.400,0	0,07	16,50-17,50	22,1	7.896,2	99,8
18,0	2.400,0	0,06	17,50-18,50	9,6	7.905,7	99,9
19,0	2.400,0	0,05	18,50-19,50	3,8	7.909,6	100,0
20,0	2.400,0	0,05	19,50-20,50	1,4	7.911,0	100,0
21,0	2.400,0	0,04	20,50-21,50	0,5	7.911,5	100,0
22,0	2.400,0	0,03	21,50-22,50	0,2	7.911,7	100,0
23,0	2.400,0	0,03	22,50-23,50	0,0	7.911,7	100,0
24,0	2.400,0	0,03	23,50-24,50	0,0	7.911,7	100,0
25,0	2.400,0	0,02	24,50-25,50	0,0	7.911,7	100,0



Projekt:

**Cramme
Landwind Projekt GmbH & Co.KG**

**Watenstedter Str. 11
38384 Gevensleben**

Beschreibung:

Deutschland, Niedersachsen, Landkreis Wolfenbüttel:
Cramme

Lizenzierter Anwender:

SOWIWAS - Energie GmbH

Watenstedter Straße 11
DE-38384 Gevensleben
+49 0 53 54 / 99 06 - 235
Andreas Schulze / gutachten@sowiwas.de
Berechnet:
09.06.2021 16:20/3.4.405

PARK - Leistungskennlinien-Analyse

Berechnung: 6x N163 NachtWEA: TW 01 - ENERCON E-160 EP5 E2 TES 5500 160.0 !O!, Nabenhöhe: 166,6 m

Name: ber., Mode 0 s Standard_5500 kW

Datenquelle: ENERCON GmbH

Quelle/Datum	Erzeugt von	Erzeugt	Bearbeitet	Abschaltwind- geschwindigkeit [m/s]	Leistungsbegrenzung	Schubbeiwert (Ct)	Generatortyp	Leistungs- dichte kW/m ²
17.02.2020	USER	15.03.2019	17.02.2020	22,0	Pitch	Benutzerdefiniert	variabel	0,27

D0921349-0_#_de_#_Datenblatt_Betriebsmodus_E-160_EP5_E2_5500_kW_mit_TES.pdf

This data is preliminary. Subject to technical changes.

Enercon reserves the right to change the above specifications without prior notice.

Leistungskennlinie

Originaldaten, Luftdichte: 1,225 kg/m³

Windgeschwindigkeit [m/s]	Leistung [kW]	Cp	Windgeschwindigkeit [m/s]	Ct
2,5	37,0	0,19	2,5	0,95
3,0	98,0	0,29	3,0	0,87
3,5	194,0	0,37	3,5	0,85
4,0	323,0	0,41	4,0	0,84
4,5	489,0	0,44	4,5	0,84
5,0	694,0	0,45	5,0	0,84
5,5	942,0	0,46	5,5	0,83
6,0	1.233,0	0,46	6,0	0,82
6,5	1.566,0	0,46	6,5	0,80
7,0	1.935,0	0,46	7,0	0,77
7,5	2.330,0	0,45	7,5	0,74
8,0	2.742,0	0,43	8,0	0,70
8,5	3.160,0	0,42	8,5	0,65
9,0	3.574,0	0,40	9,0	0,61
9,5	3.969,0	0,38	9,5	0,56
10,0	4.333,0	0,35	10,0	0,52
10,5	4.653,0	0,33	10,5	0,47
11,0	4.919,0	0,30	11,0	0,43
11,5	5.124,0	0,27	11,5	0,39
12,0	5.271,0	0,25	12,0	0,35
12,5	5.369,0	0,22	12,5	0,31
13,0	5.429,0	0,20	13,0	0,28
13,5	5.464,0	0,18	13,5	0,25
14,0	5.483,0	0,16	14,0	0,22
14,5	5.492,0	0,15	14,5	0,20
15,0	5.497,0	0,13	15,0	0,18
15,5	5.499,0	0,12	15,5	0,16
16,0	5.500,0	0,11	16,0	0,15
16,5	5.500,0	0,10	16,5	0,14
17,0	5.500,0	0,09	17,0	0,12
17,5	5.500,0	0,08	17,5	0,11
18,0	5.500,0	0,08	18,0	0,10
18,5	5.500,0	0,07	18,5	0,10
19,0	5.500,0	0,07	19,0	0,09
19,5	5.500,0	0,06	19,5	0,08
20,0	5.500,0	0,06	20,0	0,08
20,5	5.500,0	0,05	20,5	0,07
21,0	5.500,0	0,05	21,0	0,07
21,5	5.500,0	0,04	21,5	0,06
22,0	5.500,0	0,04	22,0	0,06

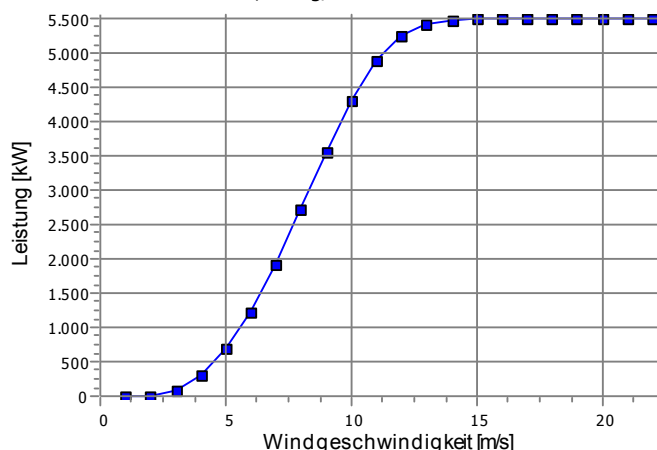
Leistung, Effizienz und Energie vs. Windgeschw.

Daten in der Berechnung verwendet, Luftdichte: 1,211 kg/m³ Neue windPRO-Methode (Modifizierte IEC-Methode mit besserer Anpassung an WEA-Steuerung) <EMPFOHLEN>

Windgeschwin- digkeit [m/s]	Leistung [kW]	Cp	Intervall [m/s]	Energie [MWh]	Akkum. Energie [MWh]	Relativ [%]
1,0	0,0	0,00	0,50- 1,50	0,0	0,0	0,0
2,0	0,0	0,00	1,50- 2,50	8,7	8,7	0,1
3,0	96,6	0,29	2,50- 3,50	77,4	86,1	0,5
4,0	318,9	0,41	3,50- 4,50	286,1	372,2	2,1
5,0	685,9	0,45	4,50- 5,50	683,7	1.055,9	6,1
6,0	1.219,2	0,46	5,50- 6,50	1.249,5	2.305,4	13,3
7,0	1.914,6	0,46	6,50- 7,50	1.866,1	4.171,5	24,1
8,0	2.715,7	0,44	7,50- 8,50	2.347,3	6.518,8	37,6
9,0	3.541,7	0,40	8,50- 9,50	2.538,4	9.057,2	52,3
10,0	4.296,2	0,35	9,50-10,50	2.396,2	11.453,3	66,1
11,0	4.883,6	0,30	10,50-11,50	1.996,0	13.449,3	77,6
12,0	5.246,5	0,25	11,50-12,50	1.484,8	14.934,1	86,2
13,0	5.417,8	0,20	12,50-13,50	1.002,7	15.936,8	92,0
14,0	5.479,2	0,16	13,50-14,50	625,8	16.562,6	95,6
15,0	5.495,9	0,13	14,50-15,50	365,9	16.928,5	97,7
16,0	5.499,8	0,11	15,50-16,50	201,5	17.130,0	98,9
17,0	5.500,0	0,09	16,50-17,50	104,7	17.234,8	99,5
18,0	5.500,0	0,08	17,50-18,50	51,3	17.286,1	99,8
19,0	5.500,0	0,07	18,50-19,50	23,7	17.309,8	99,9
20,0	5.500,0	0,06	19,50-20,50	10,3	17.320,0	100,0
21,0	5.500,0	0,05	20,50-21,50	4,2	17.324,2	100,0
22,0	5.500,0	0,04	21,50-22,50	1,2	17.325,4	100,0

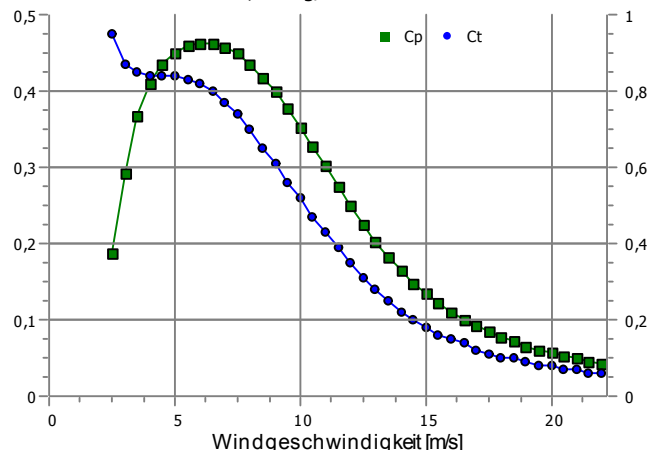
Leistungskennlinie

Für Luftdichte: 1,211 kg/m³ und Referenzklimadaten



Cp- und Ct-Kennlinie

Für Luftdichte: 1,211 kg/m³ und Referenzklimadaten



Projekt:

Cramme
Landwind Projekt GmbH & Co.KG

Watenstedter Str. 11
38384 Gevensleben

Beschreibung:

Deutschland, Niedersachsen, Landkreis Wolfenbüttel:
 Cramme

Lizenzierter Anwender:

SOWIWAS - Energie GmbH
 Watenstedter Straße 11
 DE-38384 Gevensleben
 +49 0 53 54 / 99 06 - 235
 Andreas Schulze / gutachten@sowiwass.de
 Berechnet:
 09.06.2021 16:20/3.4.405

PARK - Leistungskennlinien-Analyse

Berechnung: 6x N163 NachtWEA: TW 04 - ENERCON E-138 EP3 E2 4200 138.3 !O!, Nabhöhe: 160,0 m

Name: Level 01 - BM Is
Datenquelle: ENERCON GmbH

Quelle/Datum	Erzeugt von	Erzeugt	Bearbeitet	Abschaltwind- geschwindigkeit	Leistungsbegrenzung	Schubbeiwert (Ct)	Generatortyp	Leistungs- dichte
12.04.2019	USER	13.09.2018	04.12.2019	[m/s] 28,0	Pitch	Benutzerdefiniert	variabel	kW/m ² 0,28
D0748822-5_#_de_#_Datenblatt_Betriebsmodi_E-138_EP3_E2_4200_kW_mit_TES.pdf								

Leistungskennlinie

Originaldaten, Luftdichte: 1,225 kg/m³

Windgeschwindigkeit [m/s]	Leistung [kW]	Cp	Windgeschwindigkeit [m/s]	Ct
2,0	13,0	0,18	2,0	0,72
2,5	43,0	0,30	2,5	0,98
3,0	93,0	0,37	3,0	0,98
3,5	165,0	0,42	3,5	0,94
4,0	264,0	0,45	4,0	0,91
4,5	390,0	0,47	4,5	0,90
5,0	540,0	0,47	5,0	0,89
5,5	720,0	0,47	5,5	0,87
6,0	929,0	0,47	6,0	0,85
6,5	1.168,0	0,46	6,5	0,82
7,0	1.434,0	0,45	7,0	0,78
7,5	1.724,0	0,44	7,5	0,75
8,0	2.032,0	0,43	8,0	0,72
8,5	2.352,0	0,42	8,5	0,68
9,0	2.672,0	0,40	9,0	0,64
9,5	2.982,0	0,38	9,5	0,61
10,0	3.267,0	0,36	10,0	0,57
10,5	3.517,0	0,33	10,5	0,52
11,0	3.724,0	0,30	11,0	0,48
11,5	3.885,0	0,28	11,5	0,44
12,0	4.002,0	0,25	12,0	0,39
12,5	4.081,0	0,23	12,5	0,35
13,0	4.133,0	0,20	13,0	0,31
13,5	4.164,0	0,18	13,5	0,28
14,0	4.182,0	0,17	14,0	0,25
14,5	4.192,0	0,15	14,5	0,22
15,0	4.197,0	0,14	15,0	0,20
15,5	4.199,0	0,12	15,5	0,18
16,0	4.200,0	0,11	16,0	0,17
16,5	4.200,0	0,10	16,5	0,15
17,0	4.200,0	0,09	17,0	0,14
17,5	4.200,0	0,09	17,5	0,13
18,0	4.200,0	0,08	18,0	0,12
18,5	4.200,0	0,07	18,5	0,11
19,0	4.200,0	0,07	19,0	0,10
19,5	4.200,0	0,06	19,5	0,09
20,0	4.197,0	0,06	20,0	0,09
20,5	4.183,0	0,05	20,5	0,08
21,0	4.153,0	0,05	21,0	0,08
21,5	4.103,0	0,04	21,5	0,07
22,0	4.024,0	0,04	22,0	0,06
22,5	3.907,0	0,04	22,5	0,06
23,0	3.749,0	0,03	23,0	0,05
23,5	3.547,0	0,03	23,5	0,05
24,0	3.304,0	0,03	24,0	0,04
24,5	3.037,0	0,02	24,5	0,04
25,0	2.447,0	0,02	25,0	0,03
25,5	2.088,0	0,01	25,5	0,03
26,0	1.773,0	0,01	26,0	0,02
26,5	1.479,0	0,01	26,5	0,02
27,0	1.211,0	0,01	27,0	0,01
27,5	974,0	0,01	27,5	0,01
28,0	808,0	0,00	28,0	0,01

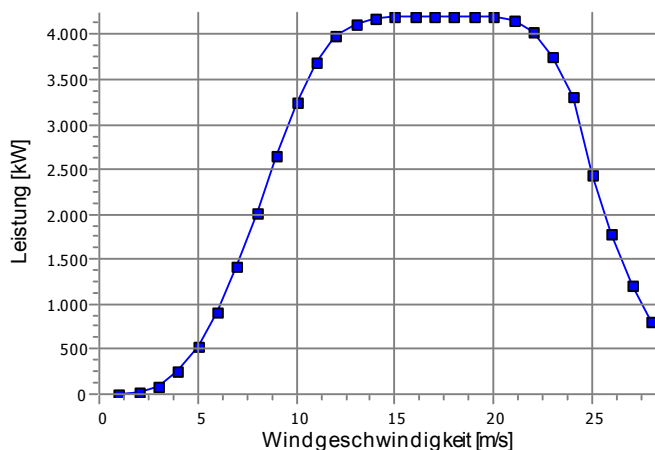
Leistung, Effizienz und Energie vs. Windgeschw.

Daten in der Berechnung verwendet, Luftdichte: 1,211 kg/m³ Neue windPRO-Methode (Modifizierte IEC-Methode mit besserer Anpassung an WEA-Steuerung) <EMPFOHLEN>

Windgeschwindigkeit [m/s]	Leistung [kW]	Cp	Intervall [m/s]	Energie [MWh]	Akkum. Energie [MWh]	Relativ [%]
1,0	0,0	0,00	0,50- 1,50	0,0	0,0	0,0
2,0	12,5	0,17	1,50- 2,50	10,3	10,3	0,1
3,0	91,8	0,37	2,50- 3,50	68,1	78,4	0,7
4,0	260,9	0,45	3,50- 4,50	227,2	305,6	2,7
5,0	534,2	0,47	4,50- 5,50	511,3	817,0	7,2
6,0	919,2	0,47	5,50- 6,50	891,0	1.708,0	15,2
7,0	1.419,5	0,45	6,50- 7,50	1.284,0	2.992,0	26,5
8,0	2.012,6	0,43	7,50- 8,50	1.575,6	4.567,6	40,5
9,0	2.647,4	0,40	8,50- 9,50	1.671,0	6.238,6	55,4
10,0	3.238,6	0,36	9,50-10,50	1.543,5	7.782,1	69,0
11,0	3.696,8	0,31	10,50-11,50	1.251,5	9.033,7	80,2
12,0	3.982,8	0,25	11,50-12,50	902,2	9.935,8	88,2
13,0	4.123,5	0,21	12,50-13,50	588,4	10.524,3	93,4
14,0	4.178,4	0,17	13,50-14,50	353,4	10.877,7	96,5
15,0	4.195,9	0,14	14,50-15,50	197,8	11.075,5	98,3
16,0	4.199,8	0,11	15,50-16,50	103,8	11.179,2	99,2
17,0	4.200,0	0,09	16,50-17,50	51,1	11.230,3	99,6
18,0	4.200,0	0,08	17,50-18,50	23,6	11.253,9	99,9
19,0	4.200,0	0,07	18,50-19,50	10,2	11.264,0	99,9
20,0	4.197,8	0,06	19,50-20,50	4,1	11.268,1	100,0
21,0	4.153,0	0,05	20,50-21,50	1,5	11.269,6	100,0
22,0	4.024,0	0,04	21,50-22,50	0,5	11.270,1	100,0
23,0	3.749,0	0,03	22,50-23,50	0,2	11.270,3	100,0
24,0	3.304,0	0,03	23,50-24,50	0,0	11.270,3	100,0
25,0	2.447,0	0,02	24,50-25,50	0,0	11.270,3	100,0
26,0	1.773,0	0,01	25,50-26,50	0,0	11.270,3	100,0
27,0	1.211,0	0,01	26,50-27,50	0,0	11.270,3	100,0
28,0	808,0	0,00	27,50-28,50	0,0	11.270,3	100,0

Leistungskennlinie

Für Luftdichte: 1,211 kg/m³ und Referenzklimadaten



Cp- und Ct-Kennlinie

Für Luftdichte: 1,211 kg/m³ und Referenzklimadaten

