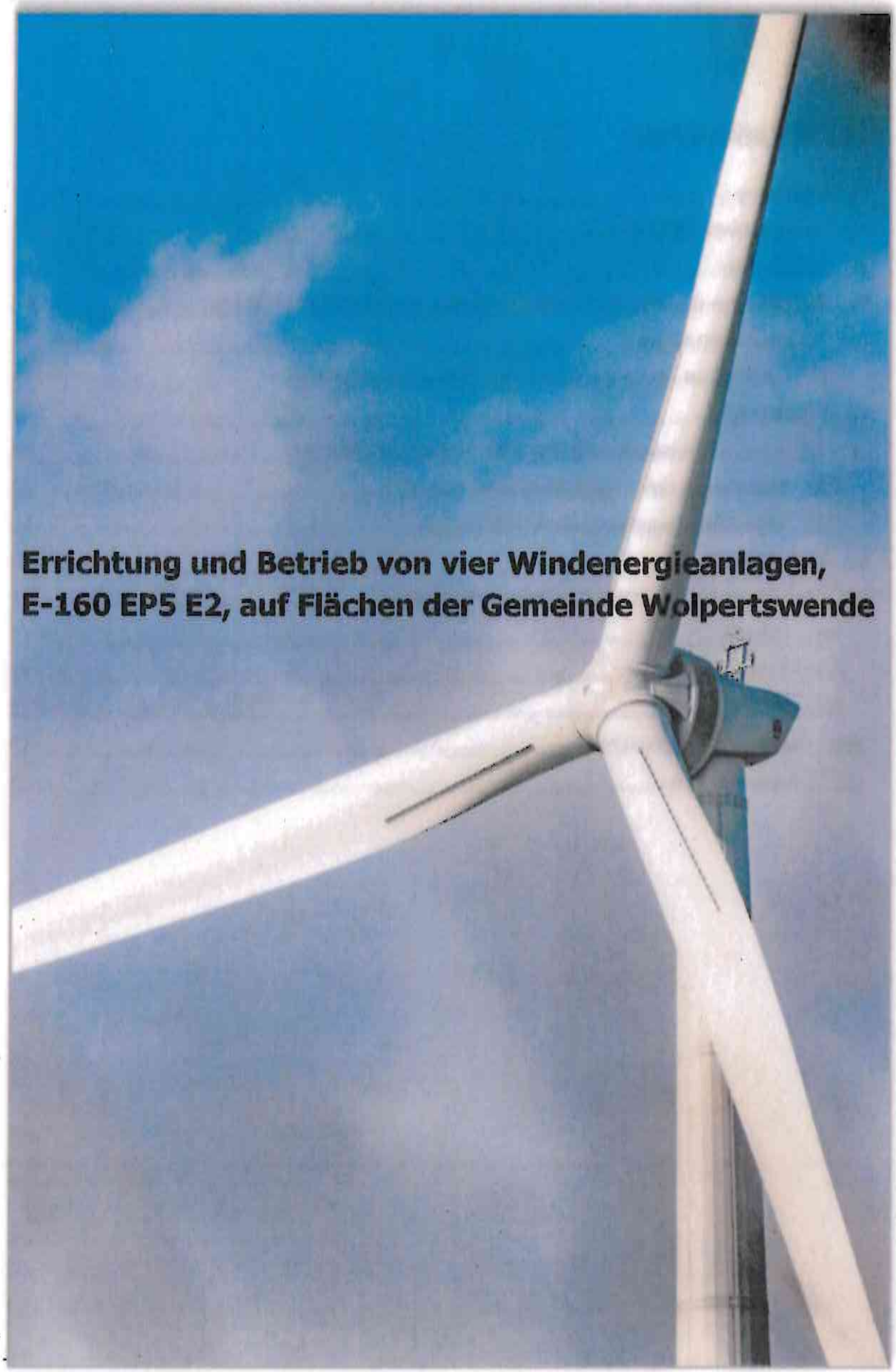

Errichtung und Betrieb von vier Windenergieanlagen, E-160 EP5 E2, auf Flächen der Gemeinde Wolpertswende

Röschenwald Infrastruktur GmbH & Co. KG - Schussenstraße 22 -
88212 Ravensburg

© Copyright Röschenwald Infrastruktur GmbH & Co. KG. Alle Rechte vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 1
2. Vorhabenbeschreibung 2
3. Parklayout 3
4. Koordinaten geplanter Windenergieanlagen (ETRS89: UTM32) 4
5. Anlagentechnologie 4
   5.1. Detaillierte Beschreibung einer Windenergieanlage 5
6. Infrastruktur 7
7. Antrag auf immissionsschutzrechtliche Genehmigung 8
   7.1. Bewertung des derzeitigen Standes 9
   7.2. Genehmigungsrelevante Unterlagen 9
8. Windverhältnisse 10
9. Schallimmissions- und Schattenwurfprognose 11
   9.1. Schall 11
   9.2. Schatten 12
   9.3. Eisfall 13
10. Natur- und Artenschutz 13
11. Netzanschluss 14

1. Einleitung

Der Ausbau und die vorrangige Nutzung erneuerbarer Energien sind ein wesentlicher Bestandteil der politischen und gesellschaftlichen Ausrichtung sowohl der Bundesrepublik Deutschland als auch des Landes Baden-Württembergs. Von den erneuerbaren Energien ist insbesondere die Windenergienutzung in der Lage, substantiell zur Verringerung von CO_2-Emissionen beizutragen.
Die Windenergie stellt damit eine entscheidende Säule für den Klima- und Umweltschutz dar und bietet kurz- bis mittelfristig das wirtschaftlichste Ausbaupotenzial unter den erneuerbaren Energien.

Auf Basis des Zielgerüsts aus dem Übereinkommen von Paris, den Klimaschutzzielen auf EU- und Bundesebene für die Jahre 2030 und 2050 und dem Klimaschutzziel für 2050 wurde im Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg festgelegt, dass der Ausstoß von Treibhausgasen drastisch reduziert werden soll: Der Treibhausgasausstoß des Landes soll im Vergleich zu den Gesamtemissionen des Jahres 1990 bis 2020 um mindestens 25 % und bis 2030 um mindestens 42 % sinken. Bis zum Jahr 2050 soll der Ausstoß um 90 % gegenüber 1990 gemindert werden. Um die gesetzten Klimaschutzziele zu erreichen, ist ein erheblicher Ausbau der Windenergie erforderlich.

Für die geplanten Windenergieanlagen am Standort Wolpertswende - Röschenwald wird ein jährlicher Energieertrag von ca. 45.000 MWh prognostiziert und damit fast 30.000 t CO_2 eingespart. [1]

[1] BWE-CO_2-Rechner https://www.wind-energie.de/themen/mensch-und-umwelt/klimaschutz/

© Copyright Röschenwald Infrastruktur GmbH & Co. KG - Alle Rechte vorbehalten.

2. Vorhabenbeschreibung

Die Röschenwald Infrastruktur GmbH & Co. KG beabsichtigt, am Standort Wolpertswende einen Windpark von vier Windenergieanlagen (WEA) des Typs ENERCON E-160 EP5 E2 zu errichten und zu betreiben.
Das Planungsgebiet befindet sich in Baden-Württemberg auf dem Gebiet des Landkreises Ravensburg und wird von den Ortschaften Engenreute, Baindt, Bad Waldsee, Altshausen, Eberweiler und Fleischwangen umschlossen.
Es existieren im benachbarten Umkreis keine bestehenden WEA.

Vorhabenträger und Bauherr des Projektes „Windpark Wolpertswende/Röschenwald" ist die Röschenwald Infrastruktur GmbH & Co. KG in Ravensburg.

Bei der Umsetzung ist es das Bestreben des Antragstellers, die Partizipation der Bürger vor Ort bei Errichtung aller Windenergieanlagen zu forcieren. So soll im Rahmen einer Beteiligung der Gemeinde die Akzeptanz der Anwohner erhöht und die Möglichkeit einer wirtschaftlichen Partizipation der Bürger im nahen Umfeld des Windparks ermöglicht werden.

Die Windenergieanlagen könnten Anfang des Jahres 2025 in Betrieb genommen werden. In Abb. 1 ist eine beispielhafte Visualisierung der vier geplanten WEA zu sehen.

Abb. 1: Visualisierung der geplanten WEA von Segelbach (© Ramboll Cube, 11/2020)

© Copyright – Röschenwald Infrastruktur GmbH & Co. KG – Alle Rechte vorbehalten.

3. Parklayout

Geplant ist die Errichtung und der Betrieb von vier Windenergieanlagen des Typs ENERCON E-160 EP5 E2, die auf Flächen von Staatsforst Baden-Württemberg stehen werden. In Abb. 2 ist eine Übersicht des Parklayouts im Maßstab 1:10.000 zu sehen.

Abb. 2: Parklayout WP Wolpertswende /

© Copyright Röschenwald Infrastruktur GmbH & Co. KG - alle Rechte vorbehalten

4. Koordinaten geplanter Windenergieanlagen (ETRS89: UTM32)

Die Koordinaten der geplanten Windenergieanlagen sind ebenfalls der Übersicht Grunddaten im Register A_04_02 zu entnehmen.

WEA	Ost	Nord
003	548935.61	5306171.20
004	549090.11	5305760.67
005	549516.66	5305073.73
006	549216.63	5305341.97

WEA	Typ	Nabenhöhe	Flurstücke	Gemarkung	Geländehöhe Bestand	+ Höhe mit Rotor
003	E-160 EP5	166,6 m	105/1	Wolperts-wende	565 m	811,6 m
004	E-160 EP5	166,6 m			569 m	814,6 m
005	E-160 EP5	166,6 m			555 m	801,6 m
006	E-160 EP5	166,6 m			561 m	807,6 m

5. Anlagentechnologie

Der Windpark Wolpertswende wird mit der neuesten Anlagentechnologie des Typs ENERCON E-160 EP5 E2 errichtet.

Kenndaten der Anlage:

- Leistung: 5,5 MW
- Rotordurchmesser: 160,0 m
- Nabenhöhe: 166,6 m
- Fundament: Flachgründung
- Direktgetriebener fremderregter Synchrongenerator
- Windklasse (IEC): IEC/EN IIIA
- Drehzahl: variabel; 2,8 – 9,4 U/min
- Abregelwindgeschwindigkeit: 22 m/s
- Lebensdauer: auf 25 Jahre ausgelegt

Abb. 3: WEA-Gondel, © ENERCON

Die E-160 EP5 wurde entwickelt, um WEA an windschwachen Binnenlandstandorten effizient und wirtschaftlich betreiben zu können. Für den Windpark Wolpertswende ist diese WEA die ideale Anlage, um die zur Verfügung stehende Fläche optimal nutzen und gute Winderträge erzielen zu können.

Die Windenergieanlage E-160 EP5 ist mit den neuesten technischen Standards bezüglich Sensorik und Sicherheit ausgestattet.

5.1. Detaillierte Beschreibung einer Windenergieanlage

Die geplante ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E2 ist eine direktgetriebene Windenergieanlage mit Dreiblattrotor, aktiver Rotorblattverstellung, drehzahlvariabler Betriebsweise und einer Nennleistung von 5500 kW. Sie hat einen Rotordurchmesser von 160 m und wird mit einer Nabenhöhe von 166,6 m geliefert.

Das Antriebssystem der E-160 EP5 besteht nur aus wenigen drehenden Bauteilen. Die Rotornabe und der Rotor des Ringgenerators sind – wie für den Anlagentyp des Herstellers ENERCON charakteristisch - ohne Getriebe als feste Einheit direkt miteinander verbunden. Dadurch verringert sich die mechanische Belastung und die technische Lebensdauer wird erhöht. Der Wartungs- und Serviceaufwand wird verringert (u.a. weniger Verschleißteile, kein Getriebeölwechsel).

Die vom Ringgenerator erzeugte Leistung wird über das Netzeinspeisesystem in das Verteil- oder Transportnetz eingespeist. Das Netzeinspeisesystem gewährleistet maximalen Energieertrag bei hoher Netzverträglichkeit. Die elektrischen Eigenschaften des Ringgenerators sind damit für das Verhalten der Windenergieanlage am Verteil- oder Transportnetz unerheblich. Je nach Windgeschwindigkeit können Drehzahl, Ausgangsspannung und Ausgangsfrequenz des Ringgenerators variieren. Somit kann die im Wind enthaltene Energie auch im Teillastbereich immer optimal genutzt werden.

Die Windenergieanlage verfügt über eine Vielzahl von sicherheitstechnischen Einrichtungen, die dazu dienen, die Windenergieanlage dauerhaft in einem sicheren Betriebsbereich zu halten. Hierzu zählen Komponenten, die ein sicheres Anhalten der Windenergieanlage ermöglichen, und ein komplexes Sensorsystem.

Die E-160 EP5 wird auf einem Stahlturm errichtet. Der modulare Stahlturm (MST) besteht aus Stahlsektionen und einem Turmfußflansch. Er ist durch einen Fundamentkorb im Stahlbetonfundament verankert. Die Stahlsektionen bestehen aus mehreren gekanteten Blechen, die auf der Baustelle verschraubt werden. Die Sektionen werden miteinander und mit dem Fußflansch verschraubt. Die oberste Sektion ist geschweißt und bildet den Übergang zwischen den geschraubten Sektionen und dem Turmkopfflansch.

Der MST verfügt über eine leitergeführte Aufstiegshilfe. Sämtliche Steigleitern unterliegen den Normen für Personenschutz mit Absturzsicherung.

Die WEA besteht weitestgehend aus nicht brennbaren Materialien. Dazu gehören der Turm, der Maschinenträger, Welle, Bremsen, Generator, Kupplung, Antriebe etc.

Das Fundament der Anlage wird als Flachgründung mit Auftriebswirkung ausgeführt und besteht aus Stahlbeton. Der Transformator der WEA befindet sich im Turmfuß. Als

© Copyright Röschenwald Infrastruktur GmbH & Co. KG - Alle Rechte vorbehalten.

Isolations- und Kühlflüssigkeit des Transformators wird synthetisches Ester eingesetzt, welches als nicht wassergefährdend eingestuft ist und einen Brennpunkt von >300 °C aufweist. Das Risiko eines Brandes ist bei diesem Transformator als sehr gering einzustufen, da sich der hermetisch geschlossene Kessel bei einem inneren Fehler öffnen müsste, damit Sauerstoff zugeführt werden kann.

Die Farbgebung der WEA ist in einem leichten Grauton gehalten (RAL 7035, lichtgrau). Diese zurückhaltende Farbgebung führt dazu, dass sich die Anlagen sehr gut in das Landschaftsbild einfügen. Um Reflexionen des Sonnenlichts auszuschließen, sind die Rotorblätter mit einer Spezialbeschichtung im selben Farbton versehen. Der Wetterschutz und das vollgekapselte Gehäuse um die Gondel bestehen aus Aluminium.

Folgende Tageskennzeichnungen und zulässige Nachtkennzeichnungen für Windenergieanlagen sind vorgesehen:

- Tageskennzeichnung
  Anbringung von je zwei roten Farbfeldern bzw. Farbstreifen im äußeren Bereich der Rotorblätter (verkehrsrot RAL 3020), am Turm in ca. 40 m über Grund und am Maschinenhaus (mittig angeordnet).
- Nachtkennzeichnung
  Ausrüstung der WEA mit einer Befeuerung (Feuer: W-Rot, Lichtstärke: 100 cd) auf dem Maschinenhausdach in Verbindung mit Befeuerungsebene, bestehend aus Hindernisfeuern am Turm.

Mittels Dämmerungssensor erfolgt die Schaltung des Feuers W-Rot. Hierbei ist zu beachten, dass die WEA mittels Sichtweitenmessgerät in der Lichtstärke entsprechend der Sichtweite automatisch reduziert werden.

Mit dem am 14.12.2018 beschlossenen Energiesammelgesetz sieht der Gesetzgeber eine bedarfsgerechte Nachtkennzeichnung (BNK) vor, wonach eine Radarantenne den Wirkraum um die WEA überwacht und ein Signal zur Aktivierung der Hindernis-kennzeichnung auslöst, sobald ein Flugobjekt in diesen Raum eintrifft. Durch den Einsatz der BNK werden Lichtemissionen von Windparks in großem Maße vermieden. Die Verpflichtung zur Einrichtung einer BNK gilt seit dem 01.07.2020.
Zur Vermeidung von periodischen Lichtreflexionen (Stroboskop- oder Disco-Effekt) werden die Rotorblätter durch einen geeigneten Farbanstrich mit matten Farben und geringem Glanzgrad versehen.

ENERCON-WEA verfügen über zahlreiche sicherheitstechnische Einrichtungen. Eine Vielzahl von Sensoren erfasst beispielsweise laufend den aktuellen Zustand der Windenergieanlage und die relevanten Umgebungsparameter (z. B. Rotordrehzahl, Temperatur, Windgeschwindigkeit, Blattbelastung etc.). Die Anlagensteuerung wertet die Signale aus und steuert die Windenergieanlage im Regelfall so, dass die aktuell verfügbare Windenergie optimal ausgenutzt wird und dabei die Sicherheit des Betriebs gewährleistet ist.

© Copyright Röschenwald Infrastruktur GmbH & Co. KG - Alle Rechte vorbehalten.

6. Infrastruktur

Die An- und Abfahrt der Baustellenfahrzeuge sowie die An- und Abfahrt während der Betriebszeit des Windparks ist über die L284 aus südlicher Richtung vorgesehen geplant.

Für den Bau und Betrieb der geplanten vier Anlagen kann auf einen Großteil der vorhandenen Wirtschaftswege und Straßen im Planungsgebiet zurückgegriffen werden. Das Wegenetz innerhalb der Vorhabensfläche ist gut ausgebaut und in einem guten Zustand. Für die Logistik- und Montagefahrzeuge sind Mindestanforderungen der Straßen und Wege einzuhalten. Die Wege und Zufahrten müssen in einigen Bereichen für die Anlieferung der Baumaschinen sowie der Anlagenbauteile auf eine Fahrbahnbreite von 4 bis 4,5 m und auf ein Lichtraumprofil von etwa 6,0 m ausgebaut werden. Die Mindestbelastung der Wege zur Anlieferung der Anlagenteil muss – möglicherweise durch Ausbau – einer befahrbaren Achslast von 12 t entsprechen bzw. entsprechend gesichert werden. Der Ausbau erfolgt i. d. R. mit Schotter.

Die Kurvenradien der Zuwegung werden entsprechend ausgebaut und ebenfalls mit Schotter aufgefüllt. Temporär benötigte Flächen zur Überfahrt werden mittels Fahrbahnplatten befestigt. So werden aufwendige Eingriffe zur Erstellung eines Fahrweges und Eingriffe in den Boden minimiert. An einzelnen Stellen sind innerhalb der Vorhabenfläche geschotterte Zufahrten auszubauen bzw. zu errichten. Diese sind im Wesentlichen für die Anlieferung der größeren WEA-Komponenten, wie Rotorblatt notwendig. Für diese Transporte sind sogenannte Einfahrts- oder Wendetrichter mit hindernisfreien Überfahrbereichen herzustellen. Überschwenkbereiche sind in der Regel wurzelstockeben herzustellen.

Im Zuge der Wegebaumaßnahmen sollen ebenfalls die Kabelverlegearbeiten erfolgen, wodurch Eingriffe gebündelt und minimiert werden. Die Erdkabel werden nahezu ausschließlich entlang bestehender Wege und Trassen verlegt. Hierbei wird das Kabel mittels eines Kabelpflugs in den Bankettbereich des Weges eingebracht. Unterquerungen werden i. d. R. durch Spülbohrungen eingriffsarm hergestellt. Dadurch können Umwelteingriffe gering gehalten werden.

Für die Errichtung und zum Betrieb der WEA ist eine dauerhafte Kranstellfläche notwendig. Für die Bauzeit (rein temporär) ist zusätzlich eine Lager- und Montagefläche zur Zwischenlagerung der Rotorblätter notwendig. Diese Fläche ist nach der Bauzeit in den ursprünglichen Zustand zurückzuführen.

Die Ausführung der Kranstellfläche erfolgt in geschotterter Bauweise. Neben der Kranstellfläche werden temporäre Vormontageflächen benötigt, welche nach der Errichtung der Anlage wieder zurückgebaut werden. Weiterhin wird bauzeitlich eine Lagerfläche errichtet, die an zwei Auflagepunkten partiell in Fahrbahnplattentechnik hergestellt wird. Ist ein Einsatz von Fahrbahnplatten nicht möglich, wird gegebenenfalls partiell Schotter verwendet. Diese Art der temporären Herstellung von Lagerflächen erfolgt ohne Eingriff in das Erdreich.

© Copyright Röschenwald Infrastruktur GmbH & Co. KG - Alle Rechte vorbehalten.

Insgesamt fällt ein Flächenentzug von ~0,8 ha (dauerhaft) und ~1,9 ha (temporär) an. Entsprechend Landeswaldgesetz Baden-Württemberg (LWaldG) sind dauerhafte Rodungsflächen solche, die für die Dauer des Betriebes der Anlagen in Anspruch genommen werden und für die in der Regel eine Ersatzaufforstung vorzusehen ist (forstrechtlicher Ausgleich gemäß § 9 LWaldG).

Detaillierte Daten zur Bauphase, den benötigten Flächen und dem Umgang damit sind dem landespflegerischen Begleitplan (LBP – Register H_04_01) des Gutachterbüros IUS Institut für Umweltstudien Weibel & Ness GmbH zu entnehmen.

Es wird angestrebt, die Montage der WEA während einer relativ trockenen Witterungsphase durchzuführen, damit die erforderlichen Maßnahmen und Bodenbeeinträchtigungen minimiert werden können.

Die Montage der Anlagen sowie die Durchführung der Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten während der Betriebszeit der WEA erfolgen durch Beteiligung eines erfahrenen Montageleiters. Über die Betriebszeit sind die Kranstellfläche sowie Teilbereiche der Zuwegung dauerhaft nutzbar. Sämtliche temporäre Flächen sind baubedingt notwendig und werden nach Beendigung der Bauarbeiten wieder zurückgebaut.

Die Bauzeit für den gesamten Windpark bis zur Inbetriebnahme beträgt etwa 12 Monate. Der Windpark soll über einen Zeitraum von 25 Jahren betrieben werden.

7. Antrag auf immissionsschutzrechtliche Genehmigung

Für das Vorhaben ist gemäß Ziffern 1.6 und 1.6.2 des Anhanges 1 der Vierten Verordnung zur Durchführung des BImSchG (4. BImSchV) für „Anlagen zur Nutzung von Windenergie mit einer Gesamthöhe von mehr als 50 Metern und weniger als 20 Windkraftanlagen" grundsätzlich ein öffentliches Verfahren gemäß § 19 BImSchG möglich.

Beim der zuständigen Genehmigungsbehörde, Landratsamt Ravensburg, wird für den Windpark Wolpertswende/Röschenwald das Genehmigungsverfahren gemäß § 10 BImSchG (mit Öffentlichkeitsbeteiligung) beantragt (siehe Formblatt 1 – Register A_02_01).

Beim zuständigen Amt wird der Antrag zur freiwilligen Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) beantragt. Eine entsprechende Bestätigung muss von Amts wegen erfolgen. Die zuständige Genehmigungsbehörde ist das Landratsamt Ravensburg.

© Copyright Röschenwald Infrastruktur GmbH & Co. KG - Alle Rechte vorbehalten.

7.1. Bewertung des derzeitigen Standes

Der Untersuchungsumfang der Natur- und Artenschutzgutachten wurde gemäß LUBW-Vorgaben festgelegt und durchgeführt. Durch das Vorhaben ergeben sich unter Beachtung der Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen keine erheblichen raumbedeutsamen Wirkungen auf Natur und Umwelt. Insgesamt sind alle Wirkungen aufgrund der Regenerationsfähigkeit und der Kompensierbarkeit der Funktionen als nicht erheblich nachteilig einzustufen.

Naturschutzrechtlich lässt sich der Eingriff in den Naturhaushalt mit Ausnahme des Landschaftsbildes im Sinne des § 15 BNatSchG vollständig ausgleichen.
Artenschutzrechtlich ergeben sich unter Berücksichtigung von Vermeidungs- und vorgezogenen Ausgleichmaßnahmen keine Verbotstatbestände gemäß § 44 BNatSchG.

7.2. Genehmigungsrelevante Unterlagen

Für den Standort Wolpertswende wurden verschiedene Untersuchungen durchgeführt und entsprechende Unterlagen/Gutachten erstellt, die dem Antrag auf immissionsschutz-rechtliche Genehmigung beigefügt sind:

- Antrag auf Waldumwandlung nach LWaldG §9 und §11
- Übersichtspläne/Amtlicher Lageplan
- Technische Beschreibungen
- Umweltverträglichkeitsprüfung
- Schallimmissions-/Schattenwurfprognose
- Eisfallgutachten
- Artenschutzrechtliches Gutachten
- Landespflegerischer Begleitplan
- Visualisierungsbericht

© Copyright Röschenwald Infrastruktur GmbH & Co. KG - Alle Rechte vorbehalten

8. Windverhältnisse

Zur genauen Ermittlung der Windhöffigkeit wurde am Standort Engenreute eine LiDAR-Messung im Zeitraum von 20.12.2018 bis 31.01.2020 durchgeführt und fachgutachterlich bewertet.

Der LiDAR-Messstandort lag ca. 5,0 km südwestlich der Gemeinde Gaisbeuren, ungefähr 3,3 km westnordwestlich der Gemeinde Bergatreute und ca. 7,0 km nordöstlich der Stadt Weingarten im Landkreis Ravensburg in einer Höhe von 607 m über NN. Das LiDAR-Messgerät ist in Abb. 4 beispielhaft dargestellt.

Die geplanten WEA liegen nordwestlich in einer Entfernung von ca. 6,0 km. Der LiDAR-Standort befand sich auf einem kleinen Gehöft in Mitten eines von Nordwesten nach Südosten gestreckten Waldgebietes und wurde davon in allen Himmelsrichtungen umgeben.

Die Windverhältnisse am geplanten Standort wurden durch einen unabhängigen, zertifizierten Gutachter auf eine Durchschnittsgeschwindigkeit bestimmt und beruhen auf:

- LiDAR-Windmessungen im Windpark Wolpertswende,
- allgemeinen klimatologischen Gegebenheiten für dieses Gebiet und
- überregionalen Windstatistiken und Mesoskalen-Modellen

Für den geplanten Windpark wurde eine durchschnittliche Windgeschwindigkeit von 5,6 m/s im Jahresmittel auf einer Nabenhöhe von ca. 160 m ermittelt.

Die Ergebnisse der Windmessungen zeigen, dass die Anforderungen an den Referenzertrag erfüllt werden. In dem Windgutachten fließen die hierfür entscheidenden Faktoren, u.a. die standort-spezifische Weibullverteilung, die Windscherung sowie die Leistungskennlinie der konkreten Windenergieanlagen ein.

Abb. 4: Lage des LiDAR-Gerätes
© GEO-NET, Oktober 2020

© Copyright ... Alle Rechte vorbehalten.

9. Schallimmissions- und Schattenwurfprognose

Im folgenden Abschnitt soll kurz auf die extern erstellen Prognosen zu Schallimmission und dem möglichen Schattenwurf der Windenergieanlagen eingegangen werden

9.1. Schall

In der näheren Umgebung des geplanten Standortes Wolpertswende/Röschenwald befinden sich keine weiteren WEA die in der Schallimmissionsprognose von Ramboll Deutschland GmbH als Vorbelastung berücksichtigt werden mussten. Es wurde der Beurteilungspegel L_r der durch die geplanten Anlagen hervorgerufenen Schallimmissionen an der umliegenden schutzwürdigen Bebauung berechnet und mit den immissionsschutzrechtlichen Vorgaben der TA Lärm für diese Gebäude verglichen und bewertet.

Gemäß der Schallimmissionsprognose von Ramboll Deutschland GmbH werden die zulässigen Nacht-Immissionsrichtwerte an allen Immissionspunkten eingehalten siehe Abb. 5. Von einer schädlichen Umwelteinwirkung bzw. einer erheblichen Belästigung i.S. des BImSchG ist nicht auszugehen.

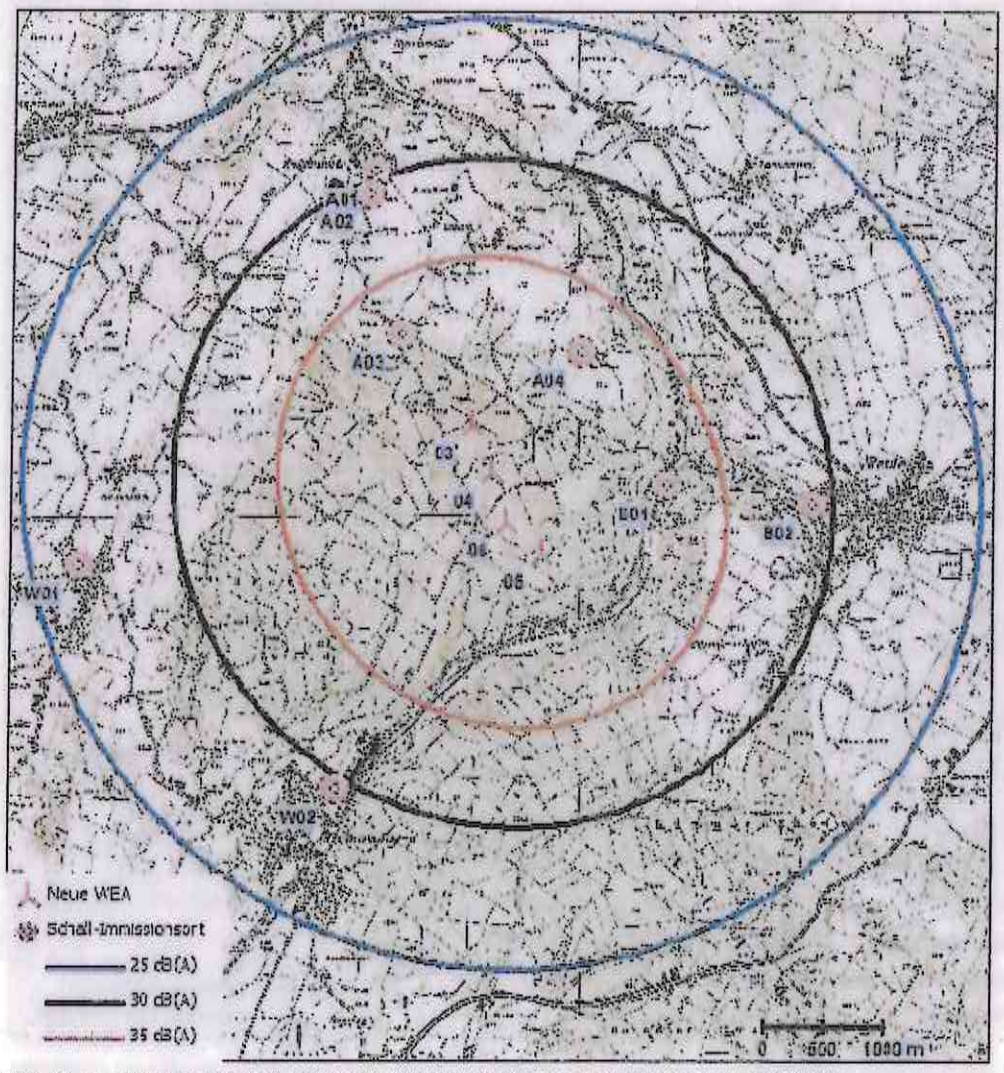

Abb. 5: Dezibel-Karte der geplanten WEA © Ramboll Deutschland, 12/2020

© Copyright Röschenwald Infrastruktur GmbH & Co. KG - Alle Rechte vorbehalten.

9.2. Schatten

Bei den Schattenwurfberechnungen ist zu beachten, dass es sich bei den Werten um die astronomisch maximal mögliche Beschattung handelt, was 365 Tage im Jahr reinen Sonnenschein ohne Wolkenbedeckung bedeuten würde. Die tatsächliche meteorologische Beschattung liegt in der Regel mehr als 70% unter den berechneten Werten.

Für die Einhaltung der Grenzwerte der maximalen Beschattungsdauer pro Kalenderjahr und Tag wird entsprechend den Empfehlungen der Schattenwurf-prognose von Ramboll Deutschland GmbH eine Abschaltautomatik in den relevanten WEA eingebaut. Den Beschattungsbereich der Windenergieanlagen wird schematisch in Abb. 6 dargestellt.

Eine Beschreibung zur Schattenabschaltung des geplanten Anlagentyps ist den Antragsunterlagen beigefügt.

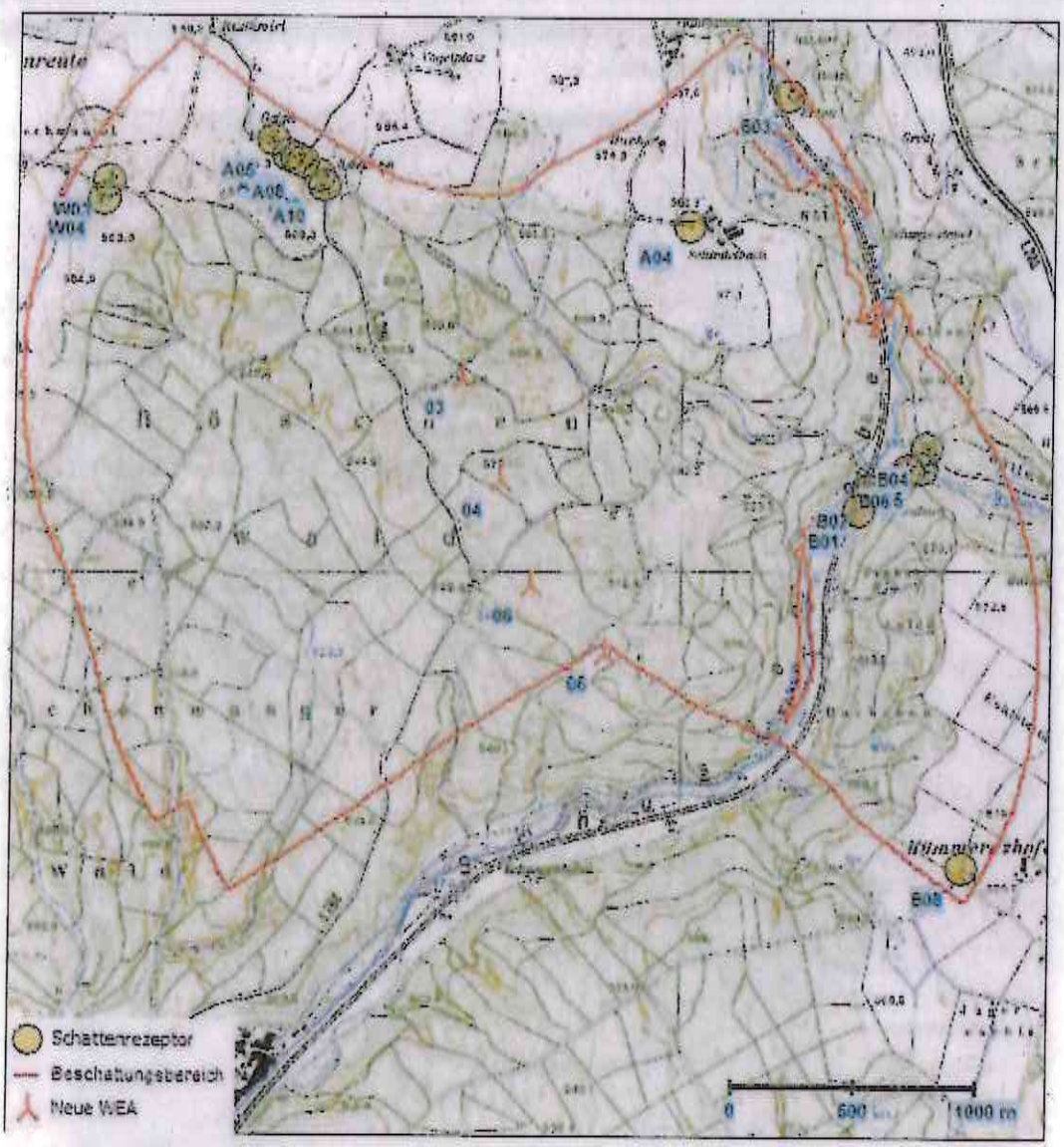

Abb. 6: Berechnung Beschattungsbereich der geplanten WEA © Ramboll Deutschland, 12/2020

© Copyright Röschenwald Infrastruktur GmbH & Co. KG - Alle Rechte vorbehalten.

9.3. Eisfall

Die WEA des Typs ENERCON E-160 EP5 verfügt serienmäßig über ein Erkennungssystem für möglichen Eisansatz, welches die Anlage im Falle von Eisansatz im Betrieb stoppt.

Während des Anlagenbetriebs der WEA werden die Betriebsparameter (Wind/ Drehzahl/Leistung/Blattwinkel) aufgezeichnet und mit den zuvor standortspezifischen festgelegten Sollwerten verglichen. Auftretender Eisansatz führt an den Rotorblättern zu Kontur- und Rauheitsänderungen, womit z.B. eine Abweichung der Leistung vom zugehörigen Sollwert einhergeht. Tritt der Fall ein, dass die Betriebsdaten der Leistung oder des Blattwinkels außerhalb des Toleranzbandes liegen, wird die Anlage gestoppt.

Durch das standardmäßig und dauerhaft arbeitende Erkennungssystem für möglichen Eisansatz an den ENERCON-WEA ist jederzeit gewährleistet, dass die Anlage auf Eisbildung an den Rotorblättern durch Abschaltung reagiert, um so mögliche Gefahren für Personen bzw. die Umgebung insgesamt auszuschließen ist. Zusätzlich werden im Bereich des WEA-Standortes in ausreichendem Abstand Warnschilder aufgestellt.

Nach dem Eisfallgutachten von Ramboll Deutschland (12/2020) sind potenzielle Gefahren für den Menschen durch Eisfall, ausgehend von den geplanten Anlagen am Standort Wolpertswende als irrelevantes Restrisiko einzustufen.

10. Natur- und Artenschutz

Im Fachbeitrag Natur und Umwelt werden die Schutzgüter Tiere und Pflanzen, Wasser, Boden, Klima/Luft, Landschaft/Mensch, Kultur- und Sachgüter durch das Fachgutachterbüro IUS Institut für Umweltstudien Weibel & Ness GmbH aus Heidelberg beschrieben und bewertet.

Der landschaftspflegerische Begleitplan (LBP) beinhaltet die Wirkungsanalyse des Vorhabens. Dabei wird die Wirkung auf das Landschaftsbild, die Böden, Pflanzen und die Verträglichkeit des Vorhabens geprüft und bewertet. Außerdem werden anfallende Kompensationsmaßnahmen bilanziert und dargestellt. Aufgrund der Wirkung auf das Landschaftsbild ist eine Ausgleichsabgabe notwendig.

Durch das Projektvorhaben ergeben sich unter Beachtung der Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen keine erheblichen raumbedeutsamen Wirkungen auf Natur und Umwelt. Insgesamt sind alle Wirkungen aufgrund der Regenerationsfähigkeit und der Kompensierbarkeit der Funktionen als nicht erheblich nachteilig einzustufen.

© Copyright Röschenwald Infrastruktur GmbH & Co. KG - Alle Rechte vorbehalten.

11. Netzanschluss

Ein gesamtwirtschaftlicher Netzverknüpfungspunkt ist im Sinne des EEG jedem Vorhabenträger vorrangig zu gewähren.

Derzeit existiert eine Zusage der Netze BW zur Einspeisung in das etwas 10 km entfernte Leitungsnetz, westlich der Ortsgemeinde Baindt. Die Parkverkabelung wird dabei als Erdkabel ausgeführt und nach Möglichkeit entlang vorhandener Zuwegungen verlegt.

© Copyright Röschenwald Infrastruktur GmbH & Co. KG - Alle Rechte vorbehalten.

Technische Beschreibung

ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E2

ENERCON
ENERGIE FÜR DIE WELT

Herausgeber

ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109
E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
Geschäftsführer: Momme Janssen, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, Jörg Scholle
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411
Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

Urheberrechtshinweis

Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.

Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.

Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.

Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.

Geschützte Marken

Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.

Änderungsvorbehalt

Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.

Dokumentinformation

Dokument-ID	D0918234/6.0-de
Vermerk	Originaldokument

Datum	Sprache	DCC	Werk / Abteilung
2022-01-04	de	DB	WRD Management Support GmbH / Technische Redaktion

Inhaltsverzeichnis

1 Übersicht ENERCON Windenergieanlage 5

2 Das ENERCON Windenergieanlagenkonzept 6

3 Komponenten der ENERCON Windenergieanlage 7
3.1 Gondel 7
3.2 Generator 8
3.3 Turm 8
3.4 Rotorblätter 8

4 Netzeinspeisesystem 10

5 Elektrische Konfiguration mit FACTS-Eigenschaften 11

6 Sicherheitssystem 12
6.1 Sicherheitseinrichtungen 12
6.2 Sensorsystem 14
6.3 Erdung und Blitzschutz 15

7 Steuerung 16
7.1 Windnachführung 16
7.2 Blattverstellsystem 16
7.3 Betriebsarten 17
7.3.1 Volllastbetrieb 17
7.3.2 Teillastbetrieb 18
7.3.3 Trudelbetrieb 18
7.4 Drehmomentregelung 18
7.5 Sicheres Anhalten der Windenergieanlage 18

8 Fernüberwachung 19

9 Wartung 20

10 Technische Daten ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E2 21
10.1 Allgemeine Daten 21
10.2 Rotor mit Blattverstellsystem 21
10.3 Antriebsstrang mit Generator 22
10.4 Bremssystem 22
10.5 Windnachführung 22
10.6 Steuerung der Windenergieanlage 22
10.7 Turmvarianten 23

Abkürzungsverzeichnis

FACTS	Flexible Alternating Current Transmission System (Flexibles Wechselstrom-Übertragungssystem)
FRT	Fault Ride Through (Durchfahren eines Netzfehlers)
FT	FACTS Transmission (elektrische Konfiguration mit FACTS-Eigenschaften)
FTQ	FACTS Transmission mit Option Q+ (elektrische Konfiguration mit erweitertem Blindleistungsstellbereich)
FTQS	FACTS Transmission mit Option Q+ und STATCOM-Option (elektrische Konfiguration mit erweitertem Blindleistungsstellbereich und STATCOM-Option)
FTS	FACTS Transmission mit STATCOM-Option (elektrische Konfiguration mit STATCOM-Option)
GFK	Glasfaserverstärkter Kunststoff
MST	Modularer Stahlturm
RCB	Rotor Control Box
REB	Rotor Energy Storage Box
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition (überwachende Steuerung und Datenerfassung)
STATCOM	Static compensator (statischer Kompensator)

1 Übersicht ENERCON Windenergieanlage

Die ENERCON Windenergieanlage ist eine direktgetriebene Windenergieanlage mit Dreiblattrotor, aktiver Rotorblattverstellung, drehzahlvariabler Betriebsweise und einer Nennleistung von 5500 kW. Die Windenergieanlage hat einen Rotordurchmesser von 160 m und ist mit Nabenhöhen von 119,9 m bis 166,6 m lieferbar.

Abb. 1: Gesamtansicht ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E2

2 Das ENERCON Windenergieanlagenkonzept

Getriebelos

Das Antriebssystem der Windenergieanlage besteht nur aus wenigen drehenden Bauteilen. Die Rotornabe und der Rotor des Ringgenerators sind ohne Getriebe als feste Einheit direkt miteinander verbunden. Dadurch verringert sich die mechanische Belastung und die technische Lebensdauer wird erhöht. Der Wartungs- und Serviceaufwand wird verringert (u. a. weniger Verschleißteile, kein Getriebeölwechsel) und die Betriebskosten sinken. Da das Getriebe und andere schnelldrehende Teile entfallen, werden die Energieverluste zwischen Rotor und Generator und die Geräuschemissionen drastisch verringert.

Aktive Rotorblattverstellung

Die 3 Rotorblätter sind jeweils mit einem Blattverstellsystem ausgerüstet. Jedes Blattverstellsystem besteht aus einem elektrischen Antrieb, einer Steuerung und einer Notstromversorgung.

Als Antrieb der Rotorblattverstellung wird pro Rotorblatt ein Wechselstrommotor mit montiertem Getriebe eingesetzt. Die Blattverstelleinheiten begrenzen die Drehzahl des Rotors und die dem Wind entnommene Leistung. Somit wird die maximale Leistung auch kurzfristig exakt auf Nennleistung begrenzt. Durch Verstellen der Rotorblätter in Fahnenstellung wird der Rotor angehalten, ohne dass der Antriebsstrang durch den Einsatz einer mechanischen Bremse belastet wird.

Indirekte Netzkopplung

Die vom Ringgenerator erzeugte Leistung wird über das Netzeinspeisesystem in das Verteil- oder Transportnetz eingespeist. Das Netzeinspeisesystem gewährleistet maximalen Energieertrag bei hoher Netzverträglichkeit. Die elektrischen Eigenschaften des Ringgenerators sind damit für das Verhalten der Windenergieanlage am Verteil- oder Transportnetz unerheblich. Je nach Windgeschwindigkeit können Drehzahl, Ausgangsspannung und Ausgangsfrequenz des Ringgenerators variieren. Somit kann die im Wind enthaltene Energie auch im Teillastbereich immer optimal genutzt werden.

3 Komponenten der ENERCON Windenergieanlage

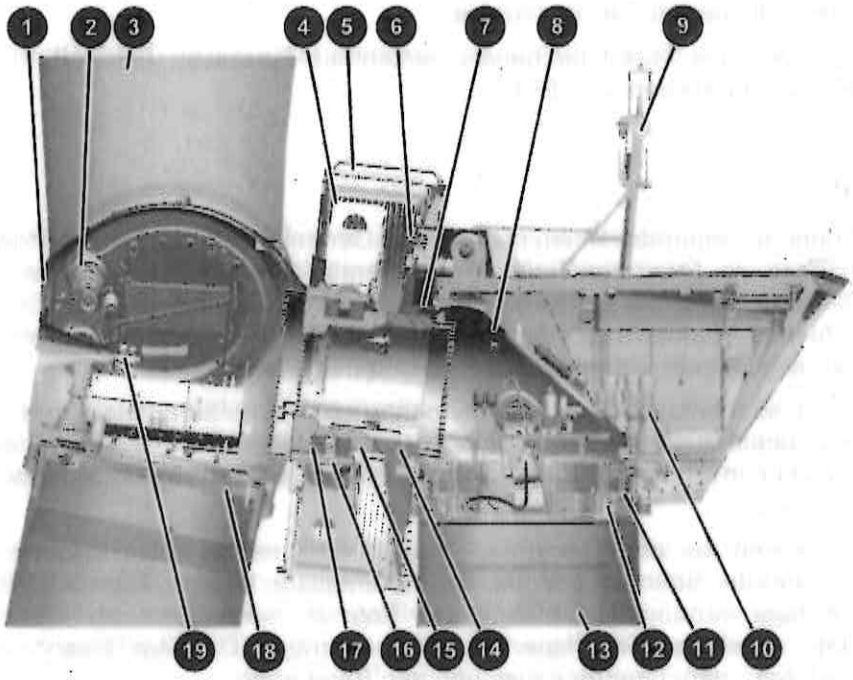

Abb. 2: Gondelschnitt

1	Rotornabe	2	Blattverstellantrieb
3	Rotorblatt	4	Generator-Rotor
5	Generator-Stator	6	Rotorhaltebremse
7	Rotorarretierung	8	Maschinenträger
9	Dachmodul	10	Azimutantrieb (12x)
11	Azimutbremse (12x)	12	Azimutlager
13	Turm	14	Statorgrundplatte
15	Lagerträger	16	Lagergehäuse
17	Rotorlager	18	Blattflanschlager
19	Schleifringübertrager		

3.1 Gondel

Die Rotornabe ist die dem Wind zugewandte Seite des Rotors. An der Rotornabe sind die Rotorblätter und der Generator-Rotor befestigt. Die Rotorblätter drehen sich mit der Rotornabe und dem Generator-Rotor auf 2 Rotorlagern um den feststehenden Lagerträger. Die Rotorlager sind Kegelrollenlager.

Der Lagerträger ist mit der feststehenden Statorgrundplatte verbunden. Die Statorgrundplatte ist mit dem Maschinenträger verbunden. Der Maschinenträger ist das zentrale tragende Element der Gondel. Der Maschinenträger ist über das Azimutlager drehbar auf dem Turmkopf gelagert. Mit den Azimutantrieben wird die gesamte Gondel gedreht, damit die Rotornabe stets optimal zum Wind ausgerichtet ist.

Im Inneren der Rotornabe befindet sich ein Schleifringübertrager. Der Schleifringübertrager überträgt über Schleifkontakte elektrische Energie und Daten zwischen dem feststehenden und dem rotierenden Teil der Gondel.

Die tragende Struktur des Maschinenhauses besteht aus Gusseisen (EN-GJS-400-LT). Die Gondelverkleidung besteht aus GFK.

3.2 Generator

Der direktgetriebene Generator ist ein mehrpoliger Generator. Die Erregung erfolgt durch Permanentmagnete am Generator-Rotor. Der Generator ist luftgekühlt, mit einer passiven äußeren Luftkühlung durch den Luftstrom und einer aktiven inneren Luftspaltkühlung. Der Generator ist für eine Nennleistung von 5500 kW ausgelegt. Für die Wartung verfügt der Generator über eine Rotorarretierung und eine Rotorhaltebremse.

Der Generator ist ein direktgetriebener permanenterregter Synchrongenerator. Das von den Permanentmagneten im Generator-Rotor und der Rotation der Rotorblätter erzeugte Magnetfeld induziert im Generator-Stator eine Wechselspannung mit wechselnder Frequenz und Amplitude.

Der Generator besteht aus dem Generator-Stator, dem Generator-Rotor und dem Main Bearing. Der Generator-Stator ist über die Statorgrundplatte mit dem Maschinenträger und dem Lagerträger verbunden. Der Generator-Rotor ist innenliegend und dreht sich im Generator-Stator mithilfe der Rotorlager auf dem Rotorträger. Das Main Bearing besteht aus dem Lagerträger, dem Lagergehäuse und den Rotorlagern.

3.3 Turm

Der Turm der Windenergieanlage ist ein MST.

Der MST besteht aus Stahlsektionen und einem Turmfußflansch. Der MST ist durch einen Fundamentkorb im Stahlbetonfundament verankert. Die Stahlsektionen bestehen aus mehreren gekanteten Blechen, die auf der Baustelle verschraubt werden. Die Stahlsektionen werden miteinander und mit dem Turmfußflansch verschraubt. An die oberste Stahlsektion ist der Turmkopfflansch geschweißt.

Der MST verfügt über eine leitergeführte Aufstiegshilfe.

Der Transformator und die Mittelspannungsschaltanlage sind im Turmfuß untergebracht. Es ist möglich, den Turm mit einem Climbing Crane aufzubauen.

Alle Türme werden bereits im Werk mit dem fertigen Anstrich bzw. Witterungs- und Korrosionsschutz versehen, sodass nach der Montage möglichst keine weiteren Arbeiten an der Turmoberfläche anfallen.

3.4 Rotorblätter

Die Rotorblätter haben wesentlichen Einfluss auf den Ertrag der Windenergieanlage sowie auf ihre Geräuschemission. Form und Profil der Rotorblätter wurden gemäß den folgenden Vorgaben entwickelt:

- hoher Leistungsbeiwert
- lange Lebensdauer
- geringe Geräuschemissionen
- niedrige mechanische Lasten
- effizienter Materialeinsatz

Die Rotorblätter der Windenergieanlage sind speziell für den Betrieb mit Blattverstellsystem und variabler Drehzahl ausgelegt.

Die Rotorblätter sind elastisch und biegen sich bei Windbelastung etwas nach hinten. Die Rotorblätter sind hohl und werden durch innenliegende Stege ausgesteift. Alle Komponenten der Rotorblattstruktur bestehen aus glasfaserverstärktem Polyester oder aus mehrlagigen Konstruktionen mit Schaum und Balsa als Kernmaterialien. Die Anbindung des Rotorblatts an die Rotornabe erfolgt mit einer Bolzenverbindung.

Die Oberfläche der Rotorblätter ist beschichtet. Die Beschichtung schützt vor Verschmutzung und Umwelteinflüssen. Auf der Oberfläche sind unterschiedliche aerodynamische Bauteile zur Leistungssteigerung oder zur Verringerung der Schallemission angebracht.

Zur Reduzierung der Schallemission im Betrieb wird das Rotorblatt optional mit einem segmentierten Hinterkantenkamm (Trailing Edge Serration) ausgerüstet. Der Hinterkantenkamm verkleinert die Turbulenzen an der Blatthinterkante und mindert damit die Schallemission der Windenergieanlage. Zur passiven Strömungsbeeinflussung sind an den Rotorblättern saugseitig Vortexgeneratoren eingesetzt. Zur Vergrößerung des aerodynamischen Auftriebs der Rotorblätter sind druckseitig T-Spoiler in der Nähe der Hinterkante installiert.

4 Netzeinspeisesystem

In der Windenergieanlage kommt ein hochpoliger, direktgetriebener, permanenterregter Synchrongenerator zum Einsatz. Zur optimalen Ausnutzung des Windenergiepotenzials bei allen Windgeschwindigkeiten arbeitet die Windenergieanlage mit variabler Drehzahl. Dadurch generiert der Generator Wechselspannung mit schwankender Frequenz und Amplitude.

Die Wicklungen im Generator-Stator bilden 2 voneinander unabhängige Drei-Phasen-Wechselstromsysteme. Die beiden Drei-Phasen-Wechselstromsysteme werden unabhängig voneinander durch ein vollwertiges, vierquadrantenförmiges Back-to-Back-Umrichtersystem gleichgerichtet und invertiert. Die Wechselrichter wandeln den Gleichstrom in Drei-Phasen-Wechselstrom mit netzkonformer Frequenz und Phasenlage um.

Demzufolge ist der Generator nicht direkt mit dem Einspeisenetz verbunden, sondern durch den Vollumrichter vollständig vom Einspeisenetz entkoppelt.

Vor der Einspeisung in das Einspeisenetz wird die Spannung im Transformator der Windenergieanlage auf das geforderte Spannungsniveau hochtransformiert.

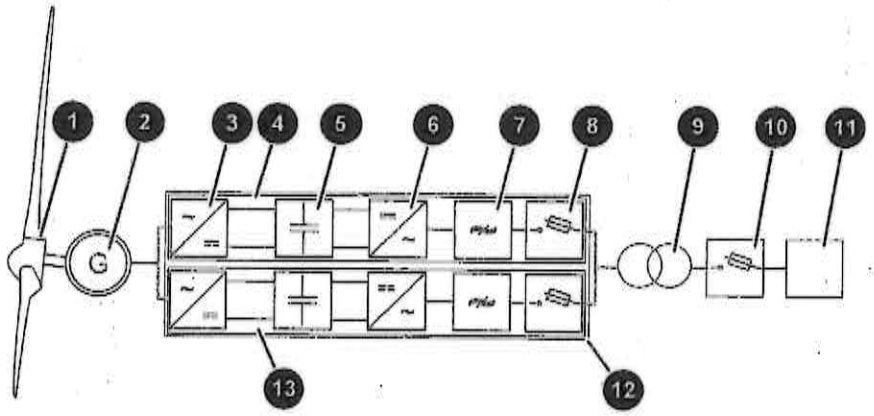

Abb. 3: Blockschaltbild Generator- und Einspeisekonzept

1	Rotor	2	Generator
3	Gleichrichter	4	Umrichter-Master
5	Gleichspannungszwischenkreis	6	Wechselrichter
7	Filter	8	Leistungsschalter
9	Transformator	10	Leistungsschalter
11	Stromnetz	12	Vollumrichter
13	Umrichter-Slave		

5 Elektrische Konfiguration mit FACTS-Eigenschaften

Um unterschiedliche Anforderungen von Stromnetzbetreibern zu erfüllen, sind mehrere Konfigurationen der Windenergieanlage möglich. Die Windenergieanlage kann mit den nachfolgenden Kraftwerkseigenschaften ausgestattet werden.

FACTS

FACTS ist ein System von Leistungselektronik-Komponenten und deren Steuerung zur Stützung des Leistungsflusses in einem Stromnetz. Die Windenergieanlage kann bereits maximale Blindleistung bereitstellen, wenn sie nur einen Bruchteil ihrer Nennleistung einspeist. FACTS ist die Basis für die verschiedenen Konfigurationen.

Konfiguration FT

Die Konfiguration FT beinhaltet verschiedene Strategien für das Durchfahren von Netzstörungen. Das Durchfahren von Netzstörungen wird auch Fault Ride Through (FRT) genannt.

Bei Unter- oder Überspannung im Stromnetz läuft die Windenergieanlage zunächst weiter, ohne sich vom Stromnetz zu trennen. Mögliche Strategien zum Durchfahren einer Netzstörung sind beispielsweise die Einspeisung von zusätzlichem Blindstrom oder der Einspeisestopp. Der Einspeisestopp wird auch Zero Power Mode genannt, es erfolgt keine Wirk- und Blindstromeinspeisung.

Nach dem Durchfahren der Netzstörung kehrt die Windenergieanlage in den Normalbetrieb zurück und speist Energie in das Stromnetz ein, entsprechend den Sollwerten für Wirk- und Blindleistung. Das Stromnetz wird gestützt.

Wenn während der Netzstörung keine Energie ins Stromnetz eingespeist werden kann, wird die Energie in Wärme umgewandelt. Die Windenergieanlage kann bei Netzstörungen bis zu 5 s in Betrieb bleiben, erst danach trennt sich die Windenergieanlage vom Stromnetz. Die meisten Netzstörungen sind kürzer als 1 s.

Konfiguration FTQ

Die Konfiguration FTQ entspricht der Konfiguration FT, jedoch mit einem erweiterten Blindleistungsstellbereich.

Konfiguration FTS

Die Konfiguration FTS entspricht der Konfiguration FT, jedoch mit der Option STATCOM. STATCOM bedeutet, dass die Windenergieanlage Blindleistung abgeben oder aufnehmen kann – unabhängig davon, ob sie selbst Wirkleistung erzeugt und ins Stromnetz einspeist. Die Windenergieanlage kann das Stromnetz aktiv stützen, ähnlich wie ein konventionelles Kraftwerk. Die Konfiguration FTS kann zu einem erhöhten Eigenbedarf an elektrischer Energie führen.

Konfiguration FTQS

Die Konfiguration FTQS vereint die beschriebenen Merkmale der Konfigurationen FT, FTQ und FTS.

6 Sicherheitssystem

Die Windenergieanlage verfügt über eine Vielzahl von sicherheitstechnischen Einrichtungen, die dazu dienen, die Windenergieanlage dauerhaft in einem sicheren Betriebsbereich zu halten. Hierzu zählen Komponenten, die ein sicheres Anhalten der Windenergieanlage ermöglichen und ein komplexes Sensorsystem.

Bewegen sich sicherheitsrelevante Betriebsparameter außerhalb eines zulässigen Bereichs, wird die Windenergieanlage mit reduzierter Leistung weiterbetrieben oder angehalten.

6.1 Sicherheitseinrichtungen

Not-Halt-Taster

In Gefahrensituationen kann die Windenergieanlage bzw. der Rotor durch Betätigung eines Not-Halt-Tasters schnell gestoppt werden.

In der Windenergieanlage befinden sich Not-Halt-Taster an folgenden Stellen:

- Tower Control Box (1x)
- Tower Control Panel (1x)
- Cooling Control Box (1x)
- Nacelle Control Panel (1x)
- Rotor Control Box (3x)
- Handgerät Manual Pitch Control (3x)

Not-Halt-Taster rasten im gedrückten Zustand ein. Nach einem Not-Halt kann die Windenergieanlage wieder gestartet werden, sofern die Ursache für den Not-Halt beseitigt und der Not-Halt-Taster zurückgesetzt wurde.

Not-Halt-Taster im Turmfuß und im Maschinenhaus

Nach Betätigung eines Not-Halt-Tasters an der Tower Control Box, am Tower Control Panel, an der Cooling Control Box oder am Nacelle Control Panel wird ein Not-Halt ausgeführt.

Die Spannungsversorgung der rotierenden Baugruppen in Turmfuß und Gondel (Azimutmotoren, Gondellüfter, Lüfter im Turmfuß) wird unterbrochen und der Umrichter wird ausgeschaltet.

Die Spannungshauptversorgung der Nabe und die Sicherheitskette werden unterbrochen; hierdurch verfahren der Blattverstellantrieb die Rotorblätter mithilfe der in den in Ultrakondensator-Modulen gespeicherten Energie in eine sichere Position (Fahnenstellung).

Die Aufstiegshilfe, das Beleuchtungssystem und die Gondelsteuerung werden weiterhin mit Strom versorgt.

Not-Halt-Taster im Rotorkopf

Im Rotorkopf befinden sich Not-Halt-Taster an folgenden Stellen:

- Rotor Control Box (3x)
- Handgerät Manual Pitch Control (3x)

Die Betätigung eines Not-Halt-Tasters an einer Rotor Control Box oder an einem Handgerät Manual Pitch Control führt zu einer sofortigen Unterbrechung der Spannungsversorgung des Frequenzumrichters des Blattverstellantriebs des betreffenden Rotorblatts. Das Blattverstellsystem stoppt augenblicklich die Blattverstellung. Die 400 V-Spannungsver-

sorgung des Rotorkopfs wird unterbrochen und die Blattverstellantriebe der 2 anderen Rotorblätter führen mithilfe der Energie der Kondensatoren in der Rotor Energy Storage Box eine Notverstellung der Rotorblätter durch.

Handgerät Manual Pitch Control

Im Rotorkopf befindet sich an jeder Rotor Control Box ein Handgerät für die Rotorblattverstellung (Manual Pitch Control) mit einem Not-Halt-Taster. Dieser Not-Halt-Taster kann während der Inbetriebnahme oder bei Wartungsarbeiten in einer Notsituation betätigt werden. Durch die Betätigung wird die Bewegung des entsprechenden Rotorblatts gestoppt und die Bremse der Blattverstelleinheit aktiviert.

Hauptschalter

Die Gondel und die Rotornabe werden unabhängig voneinander mit Strom versorgt. Deshalb werden in der Windenergieanlage getrennte Hauptschalter für die Gondel und die Rotornabe verbaut.

Hauptschalter im Maschinenhaus

Im Maschinenhaus befinden sich Hauptschalter an folgenden Stellen:

- Nacelle Control Box 1
- Nacelle Control Box 2
- Maschinenträger

Je ein Hauptschalter befindet sich an den Seiten der Nacelle Control Boxen. Mit den Hauptschaltern an den Nacelle Control Boxen kann die jeweilige Nacelle Control Box spannungsfrei geschaltet werden. Gleichzeitig wird die Spannungsversorgung des Rotorkopfs unterbrochen, wodurch die Notverstellung der Rotorblätter aktiviert wird.

Mit dem Hauptschalter am Maschinenträger (Hub Main Disconnect Switch) wird die Spannungsversorgung des Rotorkopfs unterbrochen. Dadurch wird die Notverstellung der Rotorblätter aktiviert.

Hauptschalter im Turmfuß

Im Turmfuß befinden sich Hauptschalter an folgenden Stellen:

- Tower Control Box
- Cooling Control Box
- Switchgear Remote Control
- Schaltzentrale

Mit dem Hauptschalter an der Tower Control Box können alle angeschlossenen Komponenten im Turmfuß, in der Gondel und in der Nabe spannungsfrei geschaltet werden.

Mit dem Hauptschalter an der Cooling Control Box werden folgende Komponenten spannungsfrei geschaltet:

- Bedieneinheit der Cooling Control Box
- Lüfter des Luftkühlsystems der Vollumrichter
- Pumpe des Flüssigkeitskühlsystems
- Heizung des Flüssigkeitskühlsystems
- Lüfter in den Steuerschränken

Mit dem Hauptschalter an der Switchgear Remote Control werden die 230-V-Wechselstromversorgung der Remote Control und die Gleichstromversorgung der Batterien ein- und ausgeschaltet.

Mit dem Hauptschalter an der Schaltzentrale wird die Aufstiegshilfe spannungsfrei geschaltet.

6.2 Sensorsystem

Eine Vielzahl von Sensoren erfasst laufend den aktuellen Zustand der Windenergieanlage und die relevanten Umgebungsparameter. Die entsprechenden Informationen stellt das Sensorsystem über das Fernüberwachungssystem ENERCON SCADA bereit. Die Steuerung der Windenergieanlage wertet die Signale aus und steuert die Windenergieanlage so, dass die aktuell verfügbare Windenergie optimal ausgenutzt wird und dabei die Sicherheit des Betriebs gewährleistet ist.

Redundante Sensoren

Um eine Plausibilitätsprüfung durch Vergleich der gemeldeten Werte zu ermöglichen, sind für einige Betriebszustände redundante Sensoren eingebaut. Dies gilt z. B. für die Messung der Temperatur im Generator, die Messung der Windgeschwindigkeit oder die Messung des aktuellen Rotorblattwinkels. Ein defekter Sensor wird zuverlässig erkannt und kann repariert oder durch die Aktivierung eines Reservesensors ersetzt werden. Die Windenergieanlage kann dadurch in der Regel ohne sofortigen Serviceeinsatz sicher weiter betrieben werden.

Kontrolle der Sensoren

Die Funktionstüchtigkeit aller Sensoren wird entweder im laufenden Betrieb regelmäßig durch die Steuerung selbst oder, wo dies nicht möglich ist, im Zuge der Wartung kontrolliert.

Drehzahlüberwachung

Die Steuerung der Windenergieanlage regelt durch Verstellung des Blattwinkels die Rotordrehzahl so, dass die Nenndrehzahl auch bei sehr starkem Wind nicht nennenswert überschritten wird. Auf plötzlich eintretende Ereignisse, z. B. eine starke Windbö oder eine schlagartige Verringerung der Generatorlast, kann das Blattverstellsystem jedoch unter Umständen nicht schnell genug reagieren. Wenn die Nenndrehzahl um einen festgelegten Wert überschritten wird, hält die Steuerung der Windenergieanlage die Windenergieanlage an. Die Windenergieanlage kann über das Fernüberwachungssystem neu gestartet werden.

Wenn ein Fehler vorliegt, wird die Windenergieanlage durch eine Notverstellung angehalten.

Temperaturüberwachung

Einige Komponenten der Windenergieanlage werden gekühlt. Zudem messen Temperatursensoren kontinuierlich die Temperatur an Komponenten, die vor hohen Temperaturen geschützt werden müssen.

Bei zu hohen Temperaturen wird die Leistung der Windenergieanlage reduziert, gegebenenfalls wird die Windenergieanlage angehalten.

Einige Messpunkte sind zusätzlich mit Übertemperaturschaltern ausgerüstet. Die Übertemperaturschalter veranlassen ebenfalls das Anhalten der Windenergieanlage nachdem eine bestimmte Temperatur überschritten wurde. Nach dem Abkühlen kann die Windenergieanlage wieder in Betrieb genommen werden, nachdem der Grund für die Überschreitung untersucht wurde.

Einige Baugruppen, z. B. die Energiespeicher der Befeuerung und der Generator, werden bei zu niedrigen Temperaturen gewärmt, um sie betriebsbereit zu halten.

Überwachung der Kabelverdrillung

Die Turmkabel haben im oberen Turmbereich so viel Bewegungsspielraum, dass die Gondel um 1,5 Umdrehungen nach links und rechts gedreht werden kann, ohne dass die Turmkabel dabei beschädigt werden und überhitzen. Je nach Grad der Verdrillung und Höhe der Windgeschwindigkeit entscheidet die Steuerung der Windenergieanlage, wann die Turmkabel entdrillt werden müssen.

Die Überwachung der Kabelverdrillung verfügt über eine Sensorik, die bei einer Überschreitung des zulässigen Stellbereichs die Stromversorgung der Azimutmotoren unterbricht.

Luftspaltüberwachung

Der Luftspalt zwischen Rotor und Stator des Generators darf eine bestimmte Breite nicht unterschreiten. Der Luftspalt wird durch induktive Näherungssensoren überwacht, die am Rotorumfang verteilt sind. Wenn der Luftspalt einen bestimmten Wert unterschreitet, wird die Windenergieanlage angehalten. Die Windenergieanlage kann neu gestartet werden, sobald die Ursache beseitigt wurde.

6.3 Erdung und Blitzschutz

Das Blitzschutzsystem der Rotorblätter besteht aus Metallrezeptoren, die den Blitz von der Außenhaut des Rotorblatts auf die innere Ableitungseinrichtung übertragen. Im Flanschbereich des Rotorblatts wird der Blitzstrom weiter an die Bolzen übertragen, die mit dem Blitzschutzsystem der Windenergieanlage verbunden sind.

Der Haupterdungsstrang führt von den Blitzfangeinrichtungen in den Rotorblättern durch den feststehenden Generatorträger zu Gondel und Turm und anschließend in die Fundamenterder. Die Fundamentbewehrung und die Erdungselektroden bilden zusammen den zentralen Erdungspunkt der Windenergieanlage, an den alle Erdungsanschlüsse angeschlossen sind. Die Windmessstation und die Gondel verfügen ebenfalls über Blitzfangeinrichtungen, die mit der tragenden Struktur des Maschinenhauses verbunden sind.

Das GFK der Gondelverkleidung hat eine spezielle Netzstruktur aus Metall auf der Innenseite. Dadurch funktioniert das GFK wie ein faradayscher Käfig und schützt die Komponenten in der Gondel vor Blitzeinschlägen, gefährlichen elektrischen Feldern und Magnetfeldern. Die Metallkomponenten in der Gondel sind durch den Haupterdungsstrang geerdet.

7 Steuerung

Die Steuerung der Windenergieanlage beruht auf einer speicherprogrammierbaren Steuerung, die über Sensoren sämtliche Komponenten der Windenergieanlage sowie Daten, wie Windrichtung und Windgeschwindigkeit, abfragt und die Betriebsweise der Windenergieanlage entsprechend anpasst. Der aktuelle Status der Windenergieanlage und eventuelle Störungen werden am Tower Control Panel im Turmfuß angezeigt.

7.1 Windnachführung

Auf dem Turmkopf befindet sich das Azimutlager mit einem außenverzahnten Zahnkranz. Das Azimutlager ermöglicht die Drehung und somit die Windnachführung der Gondel.

Ist die Abweichung zwischen der Windrichtung und der Richtung der Rotorachse größer als der vorgegebene zulässige Maximalwert, werden die Azimutantriebe eingeschaltet, die die Gondel dem Wind nachführen. Die Steuerung der Azimutmotoren gewährleistet ein sanftes Anlaufen und Bremsen. Die Steuerung der Windenergieanlage überwacht die Windnachführung. Erkennt die Steuerung der Windenergieanlage Unregelmäßigkeiten, wird die Windnachführung deaktiviert und die Windenergieanlage angehalten.

7.2 Blattverstellsystem

Funktionsprinzip

Das Blattverstellsystem ändert die Position der Rotorblätter und damit den Anstellwinkel, mit dem die Luft das Rotorblattprofil anströmt. Mit dem Rotorblattwinkel ändert sich der Auftrieb des Rotorblatts und damit auch die Kraft, mit der der Rotor gedreht wird. Durch das Blattverstellsystem kann der Rotor aerodynamisch abgebremst werden.

Im Automatikbetrieb (Normalbetrieb) wird der Rotorblattwinkel so eingestellt, dass einerseits die im Wind enthaltene Energie optimal ausgenutzt wird und andererseits keine Überlastung der Windenergieanlage eintritt. Dabei werden auch Randbedingungen wie Schalloptimierung eingehalten.

Erreicht die Windenergieanlage ihre Nennleistung, dreht das Blattverstellsystem die Rotorblätter bei weiter steigender Windgeschwindigkeit gerade so weit aus dem Wind, dass die Rotordrehzahl und die vom Wind aufgenommene und vom Generator umzusetzende Leistung die Nennwerte nicht oder nur unwesentlich übersteigen.

Aufbau

Jedes Rotorblatt ist mit einem Blattverstellsystem ausgestattet. Das Blattverstellsystem besteht aus einem Blattverstellmotor, einem Blattverstellgetriebe, einer Rotor Control Box (RCB) und einer Rotor Energy Storage Box (REB). Die Rotor Control Box steuert den Blattverstellmotor. Die Rotor Energy Storage Box hat die für eine Notverstellung nötige Energie gespeichert und wird während des Anlagenbetriebs im geladenen Zustand gehalten und laufend getestet.

Blattwinkel

Besondere Rotorblattstellungen (Blattwinkel):

A: 0° Normalstellung im Teillastbetrieb: maximale Ausnutzung des Windangebots.

B: 90° Fahnenstellung: Der Rotor wurde manuell oder automatisch angehalten. Die Rotorblätter erzeugen auch bei Wind keinen Auftrieb, der Rotor steht still oder bewegt sich ganz leicht.

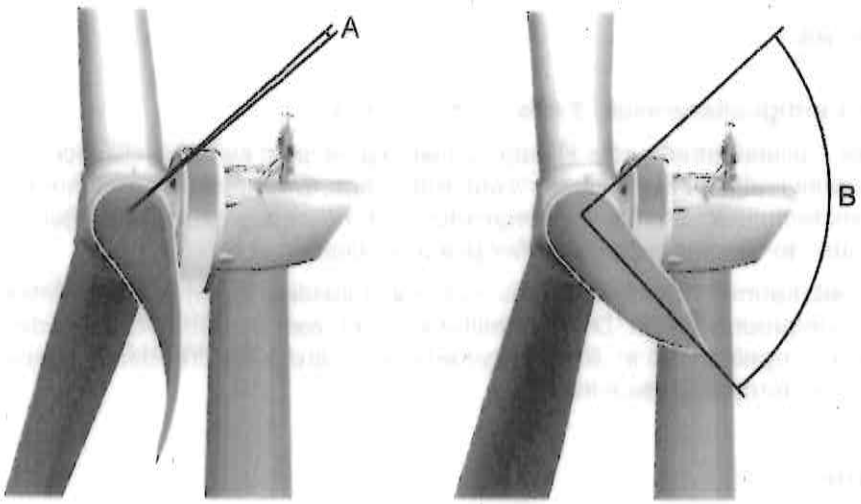

Abb. 4: Besondere Rotorblattstellungen

7.3 Betriebsarten

Tab. 1: Übersicht Betriebsarten

Betriebsart	Funktion
Automatikbetrieb	Sämtliche Prozesse laufen vollautomatisch; Bedienereingriffe sind nicht erforderlich. Im Automatikbetrieb sind folgende Betriebszustände möglich:
Volllastbetrieb	Ist die Windgeschwindigkeit größer oder gleich der Nennwindgeschwindigkeit, aber kleiner oder gleich der Abschaltwindgeschwindigkeit, arbeitet die Windenergieanlage mit Nennleistung.
Teillastbetrieb	Ist die Windgeschwindigkeit größer oder gleich der Einschaltwindgeschwindigkeit, aber kleiner als die Nennwindgeschwindigkeit, liegt die Leistung unter der Nennleistung. Die aktuell im Wind enthaltene Energie wird dabei, soweit technisch möglich, vollständig ausgenutzt.
Trudelbetrieb	Ist die Windgeschwindigkeit kleiner als die Einschaltwindgeschwindigkeit (Windmangel), läuft die Windenergieanlage im Trudelbetrieb ohne Leistungsabgabe.
Manueller Betrieb	Diese Betriebsart ist für Wartungsarbeiten und zur Störungsbehebung vorgesehen.

7.3.1 Volllastbetrieb

Windgeschwindigkeitsbereich: 14,5 m/s ≤ v ≤ 22 m/s

Bei und oberhalb der Nennwindgeschwindigkeit hält die Windenergieanlage die Drehzahl des Rotors durch Blattverstellung auf ihrem Sollwert (9,4 U/min) und begrenzt die Leistung auf ihren Nennwert von 5500 kW.

7.3.2 Teillastbetrieb

Windgeschwindigkeitsbereich: 2 m/s ≤ v ≤ 14,5 m/s

Während des Teillastbetriebs (die Windgeschwindigkeit liegt zwischen Einschalt- und Nennwindgeschwindigkeit) wird die im Wind enthaltene Energie im Allgemeinen vollständig (soweit es technisch möglich ist) umgesetzt. Rotordrehzahl und Leistungsabgabe ergeben sich aus der jeweils aktuellen Windgeschwindigkeit.

Für den Betrieb kann ein Gradient für die maximal zulässige zeitabhängige Wirkleistungsänderung vorgegeben werden. Der Einstellbereich umfasst 1 – 880 kW/s. Da die Wirkleistungsgradientenregelung die im Mittel abgegebene Leistung der Windenergieanlage reduziert, ist sie standardmäßig deaktiviert.

7.3.3 Trudelbetrieb

Windgeschwindigkeitsbereich: v < 2 m/s

Wegen Windmangel kann kein Strom eingespeist werden. Die Windenergieanlage läuft im Trudelbetrieb, d. h. die Rotorblätter sind weitgehend aus dem Wind gedreht, und der Rotor dreht sich langsam oder bleibt bei völliger Windstille ganz stehen. Durch die langsame Bewegung (Trudeln) werden die Rotorlager weniger belastet als bei längerem Stillstand und eine Wiederaufnahme der Stromerzeugung und Stromeinspeisung bei wieder stärker werdendem Wind ist schneller möglich.

7.4 Drehmomentregelung

Die Windenergieanlage ist drehzahlgeregelt. Die Differenz zwischen dem aerodynamischen und dem elektromechanischen Drehmoment bestimmt die Rotordrehzahl bei Teillast. Das Gegendrehmoment wird entsprechend der Windgeschwindigkeit und dem ankommenden Drehmoment optimiert und folgt einer optimalen Schnelllaufzahl. Unter Volllastbedingungen wird die Ausgangsleistung durch die Drehmomentregelung konstant gehalten. Das vom Generator erzeugte Gegendrehmoment wird vom Umrichter gesteuert.

7.5 Sicheres Anhalten der Windenergieanlage

Anhalten durch das Blattverstellsystem

Die Windenergieanlage kann durch manuellen Eingriff oder automatisch durch die Steuerung der Windenergieanlage angehalten werden.

Jedes Rotorblatt ist dazu mit einem Blattverstellsystem ausgestattet. Das Blattverstellsystem besteht aus einer Steuerung, einer Antriebseinheit und einem Energiespeicher.

Durch das Blattverstellsystem wird die Stellung der Rotorblätter zum Wind gesteuert. Sowohl bei einer nicht sicherheitsrelevanten als auch bei einer sicherheitsrelevanten Störung werden die Rotorblätter über die Steuerung der Windenergieanlage aus dem Wind gedreht, woraufhin der Rotor der Windenergieanlage anhält.

Liegt eine Störung der Steuerung der Windenergieanlage vor, wird die Notverstellung der Rotorblätter eingeleitet.

8 Fernüberwachung

Standardmäßig sind alle ENERCON Windenergieanlagen über das ENERCON SCADA System mit der regionalen Serviceniederlassung verbunden. Die regionale Serviceniederlassung kann jederzeit die Betriebsdaten von jeder Windenergieanlage abrufen und ggf. sofort auf Auffälligkeiten und Störungen reagieren.

Auch alle Statusmeldungen werden über das ENERCON SCADA System an eine Serviceniederlassung gesendet und dort dauerhaft gespeichert. Nur so ist gewährleistet, dass alle Erfahrungen aus dem praktischen Langzeitbetrieb in die Weiterentwicklung der ENERCON Windenergieanlagen einfließen können.

Die Anbindung der einzelnen Windenergieanlagen läuft über den ENERCON SCADA Server, der üblicherweise in der Übergabestation oder in dem Umspannwerk eines Windparks aufgestellt wird. In jedem Windpark ist ein ENERCON SCADA Server installiert.

Auf Wunsch des Betreibers kann die Überwachung der Windenergieanlagen von einer anderen Stelle übernommen werden.

9 Wartung

Um den dauerhaft sicheren und optimalen Betrieb der Windenergieanlage sicherzustellen, muss die Windenergieanlage in regelmäßigen Abständen gewartet werden.

Die Windenergieanlage wird regelmäßig, je nach Anforderung mindestens einmal jährlich, gewartet.

Bei der Wartung werden alle sicherheitsrelevanten Komponenten und Funktionen geprüft, z. B. das Blattverstellsystem, die Windnachführung, die Sicherheitssysteme, das Blitzschutzsystem, die Anschlagpunkte zur Personensicherung und die Sicherheitssteigleiter. Die Schraubverbindungen an den tragenden Verbindungen (Hauptstrang) werden geprüft. Alle weiteren Komponenten werden einer Sichtprüfung unterzogen. Verbrauchte Schmierstoffe werden nachgefüllt.

Die Wartungsintervalle und Wartungsumfänge können je nach regionalen Richtlinien und Normen abweichen.