

<b>12. Bauvorlagen und Unterlagen zum Brandschutz</b>
---

- 12.1 Bauantrag/Bauantrag im vereinfachten Verfahren/Anzeige der Beseitigung von Anlagen/Vorlage in der Genehmigungsfreistellung**
- 12.2 Baubeschreibung Windenergieanlage**
- 12.3 *(entfällt)* – Baubeschreibung für gewerbliche Bauvorhaben
- 12.4 Bauvorlageberechtigung nach § 65 LBO SH**
- 12.5 Nachweis des Brandschutzes (§ 11 BauVorIVO SH)**
- 12.6 Standsicherheitsnachweis (§ 10 BauVorIVO SH)**
- 12.7 andere bautechnische Nachweise (§ 12 BauVorIVO SH)**
- 12.8 Angaben über die gesicherte Erschließung**
- 12.9 Sonstiges**

**12.1 Bauantrag/Bauantrag im vereinfachten Verfahren/Anzeige der Beseitigung von Anlagen/Vorlage in der Genehmigungsfreistellung**

Anlagen:

- Bauantragsformular^ WEA Í GEFÁÁ GEFÍ – nach §67 LBO

**12.5 Nachweis des Brandschutzes (§ 11 BauVorIVO SH)**

Anlagen:

- 12.5\_(1)\_Generisches Brandschutzkonzept Dok. Nr. Vestas BS-Konzept\_202205\_TÜV SÜD T05 0126-97196+\* 8 VER 00 (31.05.22 / 16 Seiten)

[Folgende Dokumente sind Betriebsgeheimnisse des WEA Herstellers und werden nicht veröffentlicht:](#)

- 12.5\_(2)\_Allgemeines Brandschutzkonzept Dok. Nr. 0116-1100 V00 (10.01.2022 / 23 Seiten)

Generisches Brandschutzkonzept

Dok. Nr. Vestas BS-Konzept\_202205\_TÜV SÜD T05 0126-97196+\* 8 VER 00  
(31.05.22 / 16 Seiten)



Industrie Service

**Mehr Wert.  
Mehr Vertrauen.**

# Generisches Brandschutzkonzept

für die Errichtung von Windenergieanlagen  
der Reihe EnVentus™

Datum: 31.05.2022

Unsere Zeichen:  
IS-ESM 4-MUC/wiDokument:  
Vestas\_EnVentus\_Brandschutzk  
onzept\_202205.docxDas Dokument besteht aus  
21 Seiten.  
Seite 1 von 21Die auszugsweise Wiedergabe  
des Dokumentes und die  
Verwendung zu Werbezwecken  
bedürfen der schriftlichen  
Genehmigung der  
TÜV SÜD Industrie Service  
GmbH.Die Prüfergebnisse beziehen  
sich ausschließlich auf die  
untersuchten Prüfgegenstände.

Auftraggeber: Vestas Wind Systems A/S  
Technology & Service Solutions (TSS)  
Product Incidents, Perf. & Certification  
c/o Mrs. Mette Rasmussen  
Hedeager 42  
8200 Aarhus N  
Denmark

Sitz: München  
Amtsgericht München HRB 96 869  
USt-IdNr. DE129484218  
Informationen gemäß § 2 Abs. 1 DL-InfoV  
unter [www.tuvsud.com/impressum](http://www.tuvsud.com/impressum)

Aufsichtsrat:  
Reiner Block (Vors.)  
Geschäftsführer:  
Ferdinand Neuwieser (Sprecher),  
Thomas Kainz, Simon Kellerer

Telefon: +49 89 5791-0  
Telefax: +49 89 5791-2157  
[www.tuvsud.com/de-is](http://www.tuvsud.com/de-is)



TÜV SÜD Industrie Service GmbH  
Energie und Systeme  
Westendstraße 199  
80686 München  
Deutschland



Industrie Service

**Inhaltsverzeichnis**

**1. Einleitung** ..... 5

    1.1 Auftrag ..... 5

    1.2 Gesetzliche Grundlagen, Regelwerke ..... 5

    1.3 Verwendete Unterlagen..... 7

**2. Allgemeine Angaben** ..... 8

    2.1 Beschreibung der baulichen Anlage ..... 8

    2.2 Einstufung der baulichen Anlage ..... 8

    2.3 Schutzziele ..... 8

    2.4 Abstandsflächen..... 9

    2.5 Zugänglichkeit / Kennzeichnung..... 9

    2.6 Nutzung..... 9

    2.7 Brandlasten und Brandgefährdungen ..... 9

**3. Vorbeugender Brandschutz**..... 10

    3.1 Baulicher Brandschutz..... 10

        3.1.1 Auswahl der Baustoffe und Feuerwiderstand von Bauteilen ..... 10

        3.1.2 Bildung von Brandabschnitten und Brandbekämpfungsabschnitten ..... 11

        3.1.3 Sicherstellung der Flucht- und Rettungswege ..... 11

    3.2 Anlagentechnischer Brandschutz ..... 11

        3.2.1 Brandmeldeanlage ..... 11

        3.2.2 Feuerlöschanlagen..... 12

        3.2.3 Rauch- und Wärmeabzugseinrichtungen..... 13

        3.2.4 Blitzschutz ..... 13

        3.2.5 Notbeleuchtung ..... 13

        3.2.6 Technische Maßnahmen zur Brandverhütung ..... 14

**4. Organisatorischer Brandschutz** ..... 14

    4.1 Brandverhütungsmaßnahmen ..... 14

    4.2 Brandschutzordnung ..... 14

    4.3 Rettungswegekennzeichnung..... 14

    4.4 Einrichtungen zur Selbsthilfe und Handfeuerlöschgeräte..... 14



Industrie Service

<b>5. Abwehrender Brandschutz</b> .....	14
5.1 Brandbekämpfung .....	14
5.2 Löschwasserversorgung / -rückhaltung .....	15
5.3 Brandschutzpläne / Feuerwehrpläne .....	15
5.4 Aufstell- / Bewegungsflächen .....	15
<b>6. Zusammenfassung</b> .....	16
Anlage 1 .....	17



Industrie Service

## Änderungsverzeichnis

Änderungsdatum	Beschreibung der Änderung
31.05.2022	Ersterstellung

## 1. Einleitung

### 1.1 Auftrag

Die TÜV SÜD Industrie Service GmbH (Geschäftsfeld Energie und Systeme) wurde von der Fa. Vestas Wind Systems A/S (nachfolgend: Vestas) beauftragt ein generisches Brandschutzkonzept für Windenergieanlagen der Reihe EnVentus™ zu erstellen. Im Brandschutzkonzept werden die in der Windenergieanlage vorgesehenen bautechnischen, anlagentechnischen und organisatorischen Brandschutzmaßnahmen dargestellt. Die Ausführungen beinhalten im Hinblick auf das föderale deutsche Bauordnungsrecht abdeckende Brandschutzmaßnahmen (vgl. Abs. 1.2). Bei der Erstellung des Brandschutzkonzeptes wurden bezüglich der hier betrachteten Windenergieanlagen der Reihe EnVentus™ die vorgelegten Unterlagen des Herstellers zugrunde gelegt (vgl. Abs. 1.3). Die Umsetzung der Brandschutzmaßnahmen obliegt Vestas.

Im nachfolgenden Brandschutzkonzept wird die Errichtung einer eigenständigen Windenergieanlage zugrunde gelegt. Im Hinblick auf die Errichtung eines Windparks (Anzahl der Windkraftanlagen > 3) können sich weitergehende Anforderungen (z. B. an die Löschwasserversorgung) ergeben.

Wir weisen darauf hin, dass im bauordnungsrechtlichen Verfahren Abweichungen von den Anforderungen der jeweiligen Bauordnung und den aufgrund der jeweiligen Bauordnung erlassenen Vorschriften zugelassen werden können. Diese sind jedoch im Rahmen des konkreten Bauvorhabens jeweils schriftlich zu beantragen und zu begründen. Diesbezüglich sind die entsprechenden Kompensationsmaßnahmen im Konzept auszuweisen. Eine vorherige Abklärung mit der zuständigen Genehmigungsbehörde ist empfehlenswert.

Die Erstellung des Brandschutzkonzeptes erfolgt nach den Vorgaben der vfdb-Richtlinie 01/01 „Brandschutzkonzept“.

Ferner weisen wir darauf hin, dass entsprechend unseres Auftrags privatwirtschaftliche Regelungen (z. B. VdS) im Rahmen des hier vorliegenden Brandschutzkonzeptes keine Berücksichtigung fanden.

### 1.2 Gesetzliche Grundlagen, Regelwerke

- [R 1-1] Landesbauordnung für Baden-Württemberg (LBO) in der Fassung vom 05.03.2010, letzte berücksichtigte Änderung: §§ 46, 73 und 73a geändert durch Artikel 27 der Verordnung vom 21. Dezember 2021 (GBl. 2022 S. 1, 4)
- [R 1-2] Bayerische Bauordnung (BayBO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 14.08.2007 (GVBl. S. 588, BayRS 2132-1-B), die zuletzt durch § 4 des Gesetzes vom 25. Mai 2021 (GVBl. S. 286) geändert worden ist
- [R 1-3] Bauordnung für Berlin (BauO Bln) vom 29.09.2005, letzte berücksichtigte Änderung: zuletzt geändert durch Artikel 23 des Gesetzes vom 12.10.2020 (GVBl. S. 807)
- [R 1-4] Brandenburgische Bauordnung (BbgBO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 15.11.2018 (GVBl.I/18, [Nr. 39]), zuletzt geändert durch Gesetz vom 9. Februar 2021 (GVBl.I/21, [Nr. 5])



Industrie Service

- [R 1-5] Bremische Landesbauordnung vom 4. September 2018 (Brem.GBl. 2018, S. 320), zuletzt geändert durch Gesetz vom 22. September 2020 (Brem.GBl. S. 963)
- [R 1-6] Hamburgische Bauordnung (HBauO) vom 14.12.2005, zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 20. Februar 2020 (HmbGVBl. S. 148)
- [R 1-7] Hessische Bauordnung (HBO) vom 28. Mai 2018, letzte berücksichtigte Änderung: zuletzt geändert durch Gesetz vom 3. Juni 2020 (GVBl. S. 378)
- [R 1-8] Landesbauordnung Mecklenburg-Vorpommern (LBauO M-V) vom 15.10.2015 In der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Oktober 2015 (GVObI. M-V S. 344, 2016 S. 28), zuletzt geändert durch Gesetz vom 26. Juni 2021 (GVObI. M-V S. 1033)
- [R 1-9] Niedersächsische Bauordnung (NBauO) vom 03.04.2012, letzte berücksichtigte Änderung: zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 10.11.2021 (Nds. GVBl. S. 739))
- [R 1-10] Bauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen – Landesbauordnung (BauO NRW) vom 21. Juli 2018, In Kraft getreten am 4. August 2018 und am 1. Januar 2019 (GV. NRW. 2018 S. 421); geändert durch Artikel 7 des Gesetzes vom 26. März 2019 (GV. NRW. S. 193), in Kraft getreten am 10. April 2019; Artikel 13 des Gesetzes vom 14. April 2020 (GV. NRW. S. 218b), in Kraft getreten am 15. April 2020; Artikel 1 des Gesetzes vom 1. Dezember 2020 (GV. NRW. S. 1109), in Kraft getreten am 8. Dezember 2020; Gesetz vom 30. Juni 2021 (GV. NRW. S. 822), in Kraft getreten am 2. Juli 2021; Artikel 3 des Gesetzes vom 14. September 2021 (GV. NRW. S. 1086), in Kraft getreten am 22. September 2021.
- [R 1-11] Landesbauordnung Rheinland-Pfalz (LBauO) vom 24.11.1998, zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 28. September 2021 (GVBl. S. 543)
- [R 1-12] Landesbauordnung Saarland (LBO) vom 18.02.2004, zuletzt geändert durch das Gesetz vom 16. März 2022 (Amtsbl. I 648)
- [R 1-13] Sächsische Bauordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 11. Mai 2016 (SächsGVBl. S. 186), die zuletzt durch Artikel 6 der Verordnung vom 12. April 2021 (SächsGVBl. S. 517) geändert worden ist
- [R 1-14] Bauordnung des Landes Sachsen-Anhalt (BauO LSA) in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. September 2013 (GVBl. LSA S. 440), zuletzt geändert durch Gesetz vom 18. November 2020 (GVBl. LSA S. 660)
- [R 1-15] Landesbauordnung für das Land Schleswig-Holstein (LBO) vom 22.01.2009, zuletzt geändert durch Artikel 4 des Gesetzes vom 6. Dezember 2021 (GVObI. Schl.-H. S. 1422)
- [R 1-16] Thüringer Bauordnung (ThürBO) vom 13.03.2014, zuletzt geändert durch Gesetz vom 23. November 2020 (GVBl. S. 561)
- [R 2-1] Entscheidungshilfen zum Vollzug der Brandenburgischen Bauordnung (BbgBO) vom 15. November 2018 (GVBl I Nr. 39)
- [R 2-2] Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Amt für Bauordnung und Hochbau, Bauprüfdienst Windenergieanlagen (WEA) BPD 2021-2
- [R 2-3] Handlungsempfehlungen zum Vollzug der Landesbauordnung Mecklenburg-Vorpommern 2006 (HE LBauO M-V), Stand: 02.2013



Industrie Service

- [R 2-4] Allgemeine Durchführungsverordnung zur Niedersächsischen Bauordnung (DVO-NBauO vom 26.09.2012, letzte berücksichtigte Änderung: § 29 neu gefasst durch Verordnung vom 19.09.2019 (Nds. GVBl. S. 277)
- [R 2-5] Verwaltungsvorschrift des Sächsischen Staatsministeriums des Innern zur Sächsischen Bauordnung vom 18. März 2005 (SächsABl. SDr. S. S 59, SächsABl. S. 363), die zuletzt durch die Verwaltungsvorschrift vom 9. Mai 2019 (SächsABl. S. 782) geändert worden ist, zuletzt enthalten in der Verwaltungsvorschrift vom 10. Dezember 2021 (SächsABl. SDr. S. S 246)
- [R 2-6] Bekanntmachung des Ministeriums für Bau, Landesentwicklung und Verkehr zum Vollzug der Thüringer Bauordnung (VollzBekThürBO) vom 30. Juli 2018 (ThürStAnz Nr. 34/2018 S. 1052 – 1087)
- [R 3-1] Muster-Richtlinie über Flächen für die Feuerwehr, Fachkommission Bauaufsicht, Fassung: 02.2007, zuletzt geändert 10.2009
- [R 3-2] Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau über Flächen für Rettungsgeräte der Feuerwehr auf Grundstücken und Zufahrten (VwV Feuerwehrflächen) vom 16. Dezember 2020 (Baden-Württemberg)
- [R 4-1] Merkblatt Windenergieanlagen (Hessen), Hinweise für Planung und Ausführung, Regierungspräsidium Darmstadt, Version: 2, Stand: 15.03.2020
- [R 4-2] Erlass für die Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen und Hinweise für die Zielsetzung und Anwendung (Windenergie-Erlass) des Landes Nordrhein-Westfalen vom 8. Mai 2018
- [R 4-3] Leitfaden Rahmenbedingungen für Windenergieanlagen auf Waldflächen in Nordrhein-Westfalen, MKULNV 2012, Stand: 2012
- [R 5] Muster einer Verordnung über den Bau von Betriebsräumen für elektrische Anlagen (EltBauVO), Stand: 01.2009
- [R 6] DIN 14096: 2014-05  
 Brandschutzordnung – Regeln für das Erstellen und das Aushängen  
 Teil A (Aushang)

### 1.3 Verwendete Unterlagen

- [U 1] Allgemeine Beschreibung EnVentus™  
 Dokumentennr.: 0112-2836 V00, Stand: 10.01.2022
- [U 2] Allgemeine Beschreibung EnVentus™, Brandschutz der Windenergieanlage  
 Dokumentennr.: 0116-1100 V00, Stand: 10.01.2022
- [U 3] General Description EnVentus™, Fire suppression system (FSS),  
 Document no.: 0122-6218 V00, dated: 2022-03-31
- [U 4] Vestas Occupational  
 Health, Safety & Environment,  
 Manual for Renewable Power Plant Sites,  
 Document no.: 0055-5622
- [U 5] Beschreibung des Beleuchtungssystems,  
 Dokumentennr.: 0092-6517 V00, Stand: 2020-06-29

## 2. Allgemeine Angaben

Bei dem Bauvorhaben handelt es sich um Windenergieanlagen (WEA) der Firma Vestas der Reihe EnVentus.

Windenergieanlagen sind Anlagen zur Umwandlung von kinetischer Energie des Windes in elektrische Energie.

### 2.1 Beschreibung der baulichen Anlage

Die Windenergieanlagentypen bestehen aus einem Turm, einem Maschinenhaus (Hauptmaschinenhaus und Seitenraum) einschließlich der elektrotechnischen Einrichtungen und drei Rotorblättern.

Das Hauptmaschinenhaus ist mittels einer Wand zum Seitenraum, in welchem der Transformator untergebracht ist, abgetrennt. Weitere Wände zur Trennung von Einrichtungen sind nicht vorgesehen.

Die Erschließung der WEA erfolgt über den Turmfuß. Innerhalb des Turms installierte Leitern ermöglichen einen Aufstieg zum Maschinenhaus, von dem aus auch die Rotorblätter erreicht werden können. Optional besteht die Möglichkeit einen Aufzug für den Aufstieg zu nutzen.

Die WEA ist im störungsfreien Betrieb unbemannt und verschlossen. Die Anlage wird mittels eines seitens Vestas bereit gestellten Überwachungssystems (VMP8000/SCADA) fernüberwacht.

### 2.2 Einstufung der baulichen Anlage

Gemäß der Bauordnung des jeweiligen Bundeslandes [R 1-1] bis [R 1-16] handelt es sich bei Windenergieanlagen um bauliche Anlagen und Räume besonderer Art und Nutzung (Sonderbauten) mit einer Höhe von mehr als 30 m, an die gemäß der Landesbauordnung [R 1-1] bis [R 1-16] je nach Art und Nutzung besondere Anforderungen oder Erleichterungen gestellt werden können.

### 2.3 Schutzziele

Die für die Errichtung und den Betrieb einschließlich der Wartung relevanten Schutzziele ergeben sich aus den materiellen Vorschriften der Landesbauordnungen der Bundesländer [R 1-1] bis [R 1-16].

Bauliche Anlagen sind so zu anzuordnen, zu errichten und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.

## 2.4 Abstandsflächen

Zu berücksichtigende Abstandsflächen zu benachbarten baulichen Anlagen, die nicht der WEA zu zuordnen sind, sind im jeweiligen Bundesland, aufgrund der länderspezifischen Vorgaben, gesondert zu ermitteln. Im Rahmen des standortspezifischen Konzepts ist darzustellen, welche Anforderungen an Abstandsflächen lokal bestehen und wie diese eingehalten werden. Eine Auflistung von Abstandsflächen, die aus [R 1-1] - [R 1-16], [R 2-1], [R 2-2], [2-5] und [R 4-2] hervorgehen, ist in der Anlage 1 dargestellt.

Hinsichtlich der Aufstellung von WEA in Waldgebieten werden von einzelnen Bundesländern Leitfaden und Merkblätter zur Verfügung gestellt, aus denen ergänzende Hinweise zur zulässigen Bepflanzung oder bewuchsfreien Fläche im Bereich um die WEA hervorgehen (s. [R 4-1]) oder gesonderte Abstandsregelungen zu Waldgebieten vorgeschlagen werden (s. [R 4-1] und [R 4-3]).

## 2.5 Zugänglichkeit / Kennzeichnung

Die diesbezüglichen Anforderungen ergeben sich aus den betreffenden Landesbauordnungen [R 1-1] bis [R 1-16], der Muster-Richtlinie über Flächen für die Feuerwehr [R 3-1] bzw. der VwV Feuerwehrflächen [R 3-2].

Die Zufahrtswege sind derart zu gestalten, dass sie für Feuerwehrfahrzeuge ausreichend befestigt und tragfähig sind. Dies gilt als erfüllt, wenn die Zufahrtswege von Feuerwehrfahrzeugen mit einer Achslast bis zu 10 t und einem zulässigen Gesamtgewicht bis zu 16 t befahren werden können. Die Zufahrtswege müssen mindestens eine lichte Breite von 3 m sowie eine lichte Höhe von mindestens 3,50 m haben.

Die Windenergieanlage ist eindeutig und ausreichend zu kennzeichnen (Schriftgröße mindestens 30 cm) und muss aus der Zufahrtsrichtung eindeutig erkennbar sein.

## 2.6 Nutzung

Im störungsfreien Betrieb ist die WEA unbemannt und verschlossen. Ein Betreten der WEA durch Personen erfolgt nur zu Wartungs- und Inspektionszwecken. Bei Arbeiten in der WEA sind grundsätzlich mindestens zwei Personen anwesend. Bei den Personen handelt es sich um u. a. im Hinblick auf Arbeitssicherheit, Flucht- und Rettung und Brandbekämpfung geschulte und unterwiesene Service-Techniker.

Alleinarbeiten sind nur in Ausnahmefällen zulässig. Diese Arbeiten finden ausschließlich im Turmfuß statt. Die entsprechenden Vorgaben sind im Vestas Arbeitsschutz Handbuch [U 4] beschrieben.

Bei Arbeiten in der WEA ist ein Abschalten der Anlage nicht immer vorgesehen. Seitens des Herstellers wird das Personal entsprechend geschult und es werden entsprechende Arbeitsanweisungen für die vor Ort tätigen Service-Techniker vorgehalten.

## 2.7 Brandlasten und Brandgefährdungen

Seitens der Fa. Vestas wurden für die Windenergieanlagen Brandgefährdungsanalysen durchgeführt. Hierbei wurden die wesentlichen Brandlasten und die vorhandenen Zündquellen

ermittelt sowie die Gefährdungen im Hinblick auf die Gesundheit und Sicherheit, die Sachwerte und die Umwelt identifiziert und bewertet.

Die folgenden wesentlichen Brandlasten wurden identifiziert:

- Schmieröl
- Hydraulik-Öl
- Transformatorflüssigkeit (schwer entflammbare synthetische Esterflüssigkeit)
- Glasfaserverstärkte Kunststoffe
- glas- und karbonfaserverstärkte Epoxidharze
- Kabelisolierungen und elektrische Einrichtungen

Die wesentlichen Zündquellen in der WEA sind:

- Elektrische Erwärmung (z. B. auf Grund fehlerhafter elektrischer Verbindungen)
- Kurzschluss und Störlichtbogen
- Mechanische Erwärmung (Reibung metallischer Teile)
- Funkenbildung durch Verschleiß

In [U 2] sind Bereiche, in denen eine Brandentstehungsgefahr besteht, einschließlich ihrer Schutzmaßnahmen ausgewiesen. Diese Bereiche sind:

- Schaltanlage (Kellerbereich)
- Umrichterbereich
- Maschinenhaussteuerung
- Triebstrang- und Generatorbereich
- Transformator

Anhand der in den Anlagen vorhandenen Brandlasten, Brandgefährdungen und brandgefährdeten Bereiche wurden die nachfolgend aufgeführten Brandschutzmaßnahmen unter Berücksichtigung der bauordnungsrechtlichen Anforderungen festgelegt.

### 3. Vorbeugender Brandschutz

Der vorbeugende Brandschutz beschreibt bauliche und anlagentechnische Maßnahmen zur Begrenzung der Auswirkungen eines Brandes einschließlich der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung), zum Ermöglichen der Flucht und Rettung von Menschen sowie dem Wirksamwerden von Löschmaßnahmen bei einem Brand.

#### 3.1 Baulicher Brandschutz

##### 3.1.1 Auswahl der Baustoffe und Feuerwiderstand von Bauteilen

Der Turm wird aus Stahl bzw. als Hybridturm aus Beton und Stahl hergestellt. Die Verkleidung des Maschinenhauses besteht gemäß [U 1] aus einer Blechkonstruktion und glasfaserverstärkten Kunststoffen. Die Rotorblätter sind aus glasfaserverstärktem Epoxidharz und Karbonfasern hergestellt. Die Baustoffe sind hinsichtlich ihres Brandverhaltens als normalentflammbar eingestuft.

Im Hinblick auf die Auswahl geeigneter Baustoffe wird dem Ziel der Brandlastminimierung Rechnung getragen.



Industrie Service

An die tragenden und aussteifenden Bauteile der WEA werden keine Anforderungen hinsichtlich des Feuerwiderstands gestellt. Sie werden daher ohne nachgewiesenen Feuerwiderstand errichtet.

### 3.1.2 Bildung von Brandabschnitten und Brandbekämpfungsabschnitten

Die WEA ist nicht in Brandabschnitte oder Brandbekämpfungsabschnitte unterteilt. Die zum Teil bauaufsichtlich eingeführte EltBauVO [R 5] findet für das Maschinenhaus der WEA keine Anwendung, da die WEA als freistehendes Gebäude gemäß §3 EltBauVO [R 5] zu werten ist, für die eine Aufstellung von Transformatoren und Schaltanlagen für Nennspannungen >1kV innerhalb von elektrischen Betriebsräumen nicht erforderlich ist.

### 3.1.3 Sicherstellung der Flucht- und Rettungswege

In der Windenergieanlage sind keine Aufenthaltsräume im Sinne der Landesbauordnungen [R 1-1] bis [R 1-16] vorhanden. Die diesbezüglichen Anforderungen an die bauliche Ausführung von Flucht- und Rettungswegen sind daher nicht heranzuziehen.

Die im Hinblick auf die im Rahmen von Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten notwendige Erschließung des Maschinenhauses erfolgt über Steigleitern, die gleichzeitig auch als Fluchtweg dienen. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit das Maschinenhaus über alternative Fluchtwege (Luken) zu verlassen. Geeignete Schutz-/Rettungsausrüstungen zum Abseilen sind im Maschinenhaus hinterlegt bzw. werden von den dort tätigen Mitarbeitern mitgebracht. Im Bereich der Luken sind entsprechende Anschlagpunkte für diese Ausrüstung vorhanden.

Optional ist die Windenergieanlage mittels eines Service-Aufzuges ausgestattet. Die Nutzung des Aufzuges ist nur mit persönlichem Sicherheitsgeschirr gestattet. Der Aufzug kann im Gefahrenfall über die Aufzugstür verlassen werden. Die weitere Flucht erfolgt dann über die Steigleitern.

Entsprechende Flucht- und Rettungswegpläne sowie die Brandschutzordnung sind in der Windenergieanlage vorhanden.

## 3.2 Anlagentechnischer Brandschutz

### 3.2.1 Brandmeldeanlage

Gemäß den bauordnungsrechtlichen Vorschriften ist eine Ausstattung der Windenergieanlage mit einer Brandmeldeanlage nach DIN 14675 und DIN VDE 0833 nicht erforderlich. Seitens des Herstellers ist gemäß [U 2] jedoch eine Überwachung der sensiblen Bereiche der Windenergieanlage mittels Multisensoren-Meldern vorgesehen. Diese Bereiche sind (s. Abbildung 1):

- Triebstrang und Generatorbereich
- Bereich der Maschinenhaussteuerung
- Umrichterbereich
- Transformatorbereich
- Kellerbereich (Schaltanlage)

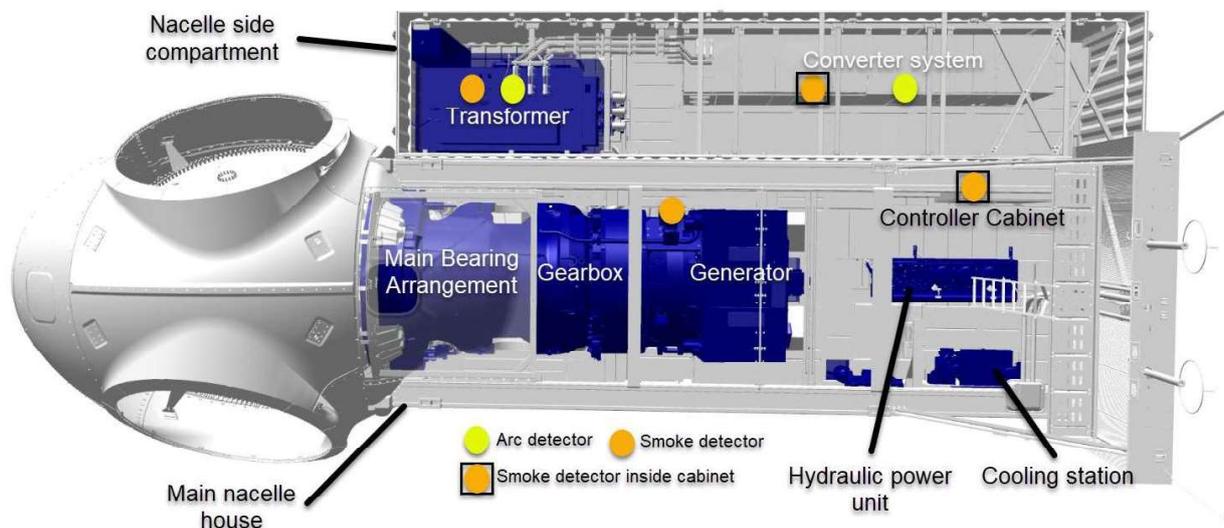


Abbildung 1: Prinzipzeichnung des Maschinenhauses von EnVentus™ mit der ungefähren Anordnung von Branderkennungseinrichtungen [U2]

Vestas bietet gemäß [U 2] optional ein zusätzliches Rauchmelderpaket an. Das Paket enthält fünf zusätzliche Rauchmelder, welche im Turm, im Maschinenhaus unterhalb des Triebstrangs und in der Nabe zur Installation vorgesehen sind.

Das hierbei in den WEA der Reihe EnVentus™ zum Einsatz kommende Brandmeldesystem verwendet ein Datenbussystem gemäß DIN EN 54. In der Windenergieanlage kommen Multi-Sensoren Rauch- und Wärmeerkennungseinrichtungen zum Einsatz. Bei Detektion von Rauch werden sofort akustische Brandalarmlaute ausgelöst. Warnmeldungen werden in dem seitens Vestas bereitgestellten SCADA Überwachungssystem aufgezeichnet. Anschließend schaltet die Anlage automatisch innerhalb von 30 Sekunden ab.

Sofern eine Weiterleitung der Brandmeldung an eine ständig besetzte Stelle gemäß den bauordnungsrechtlichen Anforderungen erforderlich ist, werden die hierfür erforderlichen technischen Maßnahmen im standortspezifischen Brandschutzkonzept aufgeführt.

### 3.2.2 Feuerlöschanlagen

Seitens des Herstellers ist die Installation von Feuerlöschanlagen lediglich als optionales System vorgesehen. Die drei Brandgefahrenzonen (Maschinenhaussteuerungsschrank, Konverterschrank und Transformatorraum) können so zur frühzeitigen Brandbekämpfung mit einer Feuerlöscheinrichtung versehen werden.

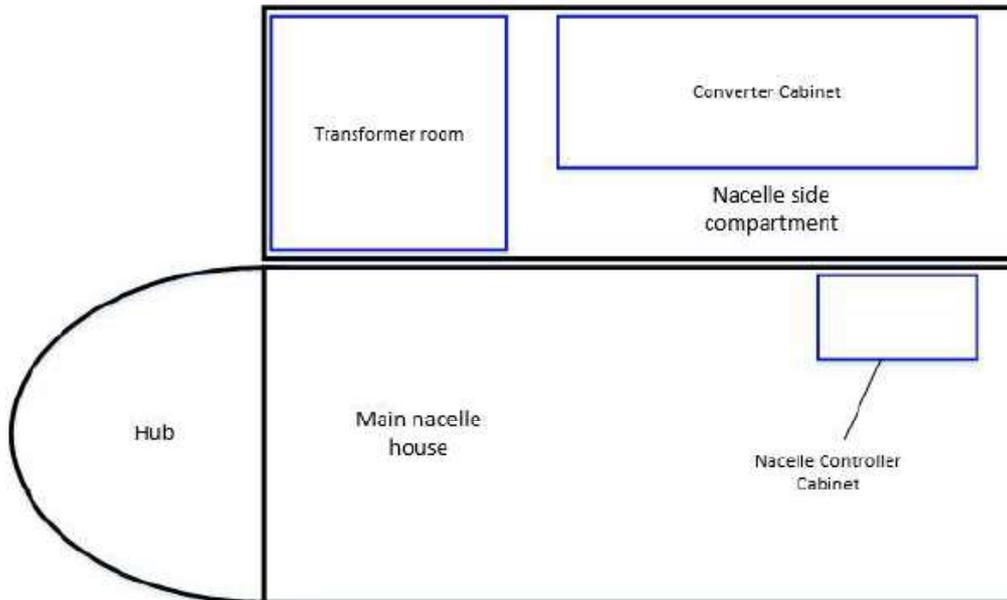


Abbildung 2: Schamtische Darstellung des Brandbekämpfungssystems [U3]

Die Auslösung der Feuerlöschanlagen erfolgt gemäß [U 3] über Rauch- und Wärmemelder. Wird ein Brandereignis detektiert, werden Auslassventile für den Bereich, in dem der Brand erkannt wurde, geöffnet, so dass das Löschgas in den betreffenden Bereich ausströmen kann.

Die Auslegung der Feuerlöscheinrichtung erfolgt hinsichtlich der erforderlichen Löschgaskonzentration gemäß ISO 14520-5:2019.

Im Brandfall wird die Windenergieanlage automatisch abgeschaltet und in einen sicheren Zustand gebracht.

Entsprechende Meldungen laufen in dem seitens Vestas bereit gestellten Überwachungssystem SCADA auf.

### 3.2.3 Rauch- und Wärmeabzugseinrichtungen

Es bestehen keine Anforderungen zur Installation von Rauch- und Wärmeabzugseinrichtungen.

### 3.2.4 Blitzschutz

Die Windenergieanlage verfügt über eine Blitzschutzanlage nach DIN EN 61400-24:2019.

Der Entstehung eines Brandes infolge eines Blitzeinschlags wird somit vorgebeugt.

### 3.2.5 Notbeleuchtung

In der Windenergieanlage ist gemäß [U 1] und [U 5] eine Notbeleuchtung vorgesehen. Die Notbeleuchtung ist batteriegepuffert. Sie schaltet automatisch ein, sobald die Windenergieanlage vom Stromnetz getrennt ist. Die Batterie der Notbeleuchtung ist für eine Betriebszeit von 30 Minuten ausgelegt.

### 3.2.6 Technische Maßnahmen zur Brandverhütung

Mit der Auswahl geeigneter Werkstoffe wird dem Ziel der Brandlastminimierung soweit möglich Rechnung getragen. Die wesentlichen Brandlasten und Brandgefährdungen werden in [U 2] ermittelt und die dazugehörigen Schutzmaßnahmen dargestellt.

Mithilfe von technischen Maßnahmen (z. B. Kapselungen, geschlossene Systeme, elektrische Isolierungen, Einrichtungen zur Detektion von Störlichtbögen) wird darüber hinaus einer möglichen Brandentstehung entgegengewirkt.

## 4. Organisatorischer Brandschutz

### 4.1 Brandverhütungsmaßnahmen

Die wesentlichen Brandverhütungsmaßnahmen sind im Vestas Arbeitsschutz Handbuch [U 4] beschrieben, dies betrifft u. a. den Umgang und Lagerung von Brandlasten, Arbeiten mit offenen Flammen, Pflichten von Brandwächtern. Darüber hinaus erfolgt ein Betreten der Windenergieanlage nur zu Wartungs- und Inspektionszwecken und nur von geschultem und unterwiesenen Personal (Service-Technikern).

### 4.2 Brandschutzordnung

Die Brandschutzmaßnahmen sind im Vestas Arbeitsschutz Handbuch [U 4] beschrieben.

In der Windenergieanlage ist der Aushang der Brandschutzordnung nach DIN 14096, Teil A (Aushang) [R 6] vorzusehen.

### 4.3 Rettungswegekennzeichnung

Flucht- und Rettungswege sind in der WEA eindeutig zu kennzeichnen.

### 4.4 Einrichtungen zur Selbsthilfe und Handfeuerlöschgeräte

Zu Service- und Wartungsarbeiten werden in der Windenergieanlage geeignete Feuerlöscher und eine Löschdecke in ausreichender Anzahl vorgehalten. Die Bereitstellung der Feuerlöscher erfolgt nach den Richtlinien und Vorgaben der jeweiligen Bundesländer.

## 5. Abwehrender Brandschutz

Im Falle eines Brandes erfolgt die Alarmierung der zuständigen Feuerwehr über eine ständig besetzte Stelle des Anlagenbetreibers (vgl. Abs. 3.2.1) oder aufgrund einer Anforderung Dritter.

### 5.1 Brandbekämpfung

Eine Brandbekämpfung ist in der Windenergieanlage nur bedingt möglich.

Die Brandbekämpfung in der Entstehungsphase eines Brandes kann durch das ggf. vor Ort tätige Personal erfolgen. Diesbezüglich ist bei Service- und Wartungsarbeiten ein Handfeuerlöschgerät in der WEA vorhanden (vgl. Abs. 4.4). Die Selbstrettung des anwesenden Personals hat jedoch in jedem Fall oberste Priorität.

Da die wesentlichen Brandlasten im Maschinenhaus, das auf dem Turm in über 100 m Höhe montiert ist, angeordnet sind, ist eine Brandbekämpfung durch die örtliche Feuerwehr aufgrund der Höhe der Anlage sowie der gewöhnlich bei öffentlichen Feuerwehren vorhandenen Ausrüstung nicht vorgesehen.

Die Brandbekämpfung begrenzt sich somit ausschließlich auf die Verhinderung einer Brandausbreitung auf die Umgebung der Windenergieanlage. Im Rahmen des konkreten Bauvorhabens wird mit den zuständigen Brandschutzdienststellen abgeklärt, dass entsprechende Feuerwehreinheiten in der am Standort gültigen Ausrückordnung festgelegt werden.

## 5.2 Löschwasserversorgung / -rückhaltung

Im Allgemeinen erfolgt eine Brandbekämpfung lediglich außerhalb der Windenergieanlage. Hierbei werden Brände, die z. B. infolge des Herunterfallens der brennenden Rotorblätter entstehen, bekämpft. Das Löschwasser wird bei eigenständigen WEA über Löschfahrzeuge der Feuerwehr bereitgestellt.

Innerhalb der WEA ist eine automatische Brandbekämpfung nicht vorgesehen. Der Hersteller bietet die Ausrüstung der WEA mit einer selbsttätigen stationären Löschanlage lediglich als optionales System an (vgl. Abs. 3.2.2). Eine manuelle Brandbekämpfung im Maschinenhaus durch die zuständige Feuerwehr ist nicht vorgesehen. Gesonderte Maßnahmen zur Löschwasserrückhaltung sind somit nicht erforderlich.

## 5.3 Brandschutzpläne / Feuerwehrpläne

Die Erstellung von Brandschutzplänen ist aufgrund der Größe sowie der Ausführung der Windenergieanlage nicht erforderlich. Feuerwehrpläne, aus denen die genaue Lage der Windenergieanlage hervorgeht, werden unter Berücksichtigung der standortspezifischen Gegebenheiten in Anlehnung an die DIN 14095 erstellt und dem standortspezifischen Brandschutzkonzept beigefügt.

Feuerwehrpläne bestehen aus:

- allgemeinen Objektinformationen
- Übersichtsplan

## 5.4 Aufstell- / Bewegungsflächen

Um den Bereich der Anlage sind ausreichend befestigte und tragfähige Aufstell- und Bewegungsflächen für die Feuerwehr vorzusehen. Die Ausführung wird im standortspezifischen Brandschutzkonzept detailliert beschrieben.

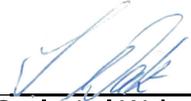


Industrie Service

## 6. Zusammenfassung

Mit den vorgesehenen Maßnahmen des vorbeugenden baulichen und anlagentechnischen Brandschutzes sowie den Maßnahmen zum organisatorischen und abwehrenden Brandschutz werden die Schutzziele gemäß den Bauordnungen der Länder [R 1-1] bis [R 1-16] einschließlich der aufgrund der Bauordnungen erlassenen Vorschriften eingehalten.

Im Hinblick auf die Abstandsflächen sind unter Berücksichtigung der landesspezifischen bauordnungsrechtlichen Anforderungen die Festlegungen im Rahmen des Brandschutzkonzeptes für das konkrete Bauvorhaben zu treffen. Ebenso ist im Rahmen der Erstellung des Brandschutzkonzeptes für das konkrete Bauvorhaben hinsichtlich des abwehrenden Brandschutzes Kontakt zur jeweiligen örtlichen Brandschutzdienststelle aufzunehmen.

 <hr/> <b>Dipl.-Ing. (FH) Matthias Thuro</b> Abteilungsleiter, Brandinspektor, Nachweisberechtigter für den vorbeugenden Brandschutz gem. § 3 Abs. 1 NBVO, Brandschutzfachplaner, Sachverständiger für Brandschutz (IngKBW), ö.b.u.v. Sachverständiger für vorb. Brandschutz	 <hr/> <b>Dipl.-Ing. Günter Fischer</b> Fachbereichsleiter IS-ESM-MUC Sicherheits- und Maschinentechnik	 <hr/> <b>M. Sc. Isabel Walz</b> Sachbearbeiter Fachplaner für vorbeugenden Brandschutz
---	--	---



Eingeschränkte Weitergabe  
Dokumentennr.: 0116-1100 V00  
10.01.2022

# Allgemeine Beschreibung

## EnVentus™

### Brandschutz der Windenergieanlage



**12.6 Standsicherheitsnachweis (§ 10 BauVorIVO SH)**

Anlagen:

Sachverständiger/ Gutachter:

- Gutachten zur Standorteignung von Windenergieanlagen nach DIBt 2012 für den Windpark Goldebek (Turbulenzgutachten) Bericht-Nr.: I17-SE-2023-418 vom 27.09.23 (38 Seiten)
- Bewertung der Standsicherheit / TÜV Süd Gutachten Bericht Nr. 3890357-2-d (25.10.23 / 13 Seiten)

---

**WEA Hersteller Vestas >> V162 NH119:**

- (1) TÜV Süd: Standsicherheit – Flachgründung Vestas V162-7.2 MW NH119, EnVentus Windzone S, Erdbebenzone 3 / D=29,00m / Prüfgrundlage: DIBt-Richtlinie 2012 Datum: 11.10.2022 / Prüfnummer: **3658416-11-d** (12 Seiten)
- (2) TÜV Süd: Prüfung der Standsicherheit –Stahlrohrturm von Windenergieanlagen Typ Vestas V162-7.2MW Nabhöhe 119 m Windzone S, Erdbebenzone 3 / Datum: 21.09.2022 Prüfnummer: 3662285-1-d (10 Seiten)
- (3) TÜV Süd: Prüfung der Standsicherheit – Ankerkorb von Windenergieanlagen Typ Vestas V162-7.0MW Nabhöhe 119 m Windzone S, Erdbebenzone 3 / Datum: 19.01.2022 / Prüfnummer: 3662285-21-d Rev.1 (60 Seiten) / **Die Seiten 8 – 60 werden nicht veröffentlicht.**
- (4) TÜV Süd: Prüfung der Standsicherheit – Podeste und Einbauten für Stahlrohrtürme und LDST von Windenergieanlagen Typ Vestas / Datum: 19.09.2022 Prüfnummer: 2648908-1-d Rev.1 (7 Seiten)
- (5) DNV GL: Gutachterliche Stellungnahme für Lastannahmen zur Turmberechnung der Vestas V162-7.2 MW mit 119 m Nabhöhe (Entwurfslebensdauer 20 Jahre) für Windzone WZ2GK2 (S) / Berichts-Nr.: **L-08867-A052-5 1A** / Datum: 2022-09-07 (120 Seiten) / **Die Seiten 10 – 120 werden nicht veröffentlicht.**
- (6) DNV GL: Maschinengutachten der EnVentus WEA V162-6.8 MW / V162-7.2 MW / Firma VESTAS WIND SYSTEMS A/S für DIBT 2012 Windzone S / Bericht-Nr.: **M-10048-0** / Berichtsdatum: 2022-08-11 (36 Seiten) / **Die Seiten 7 – 36 werden nicht veröffentlicht**

PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE  
BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN



## Prüfbericht für eine Typenprüfung

Datum: 11.10.2022

**Prüfnummer:** 3658416-11-d

**Objekt:** **Prüfung der Standsicherheit - Flachgründung**  
Windenergieanlage Vestas V162-6.8/7.2 MW, EnVentus  
Turm: Stahlrohrturm  
Nabenhöhe: 119 m über GOK  
Windzone S, Erdbebenzone 3  
Entwurfslebensdauer: 20 Jahre  
Hier:  $\emptyset = 29,00$  m (rund) mit Auftrieb

**Prüfgrundlage:** DIBt-Richtlinie 2012

**Hersteller Windenergieanlage:** Vestas Wind Systems A/S

**Konstruktion und Berechnung Fundament:** HCE Ingenieurgesellschaft mbH  
Bleicherweg 6  
21073 Hamburg  
Deutschland

**Auftraggeber:** HCE Ingenieurgesellschaft mbH  
Bleicherweg 6  
21073 Hamburg  
Deutschland

**Geltungsdauer:** bis 10.10.2027

Unsere Zeichen:  
IS-ESW-MUC/AME

Dokument:  
3658416-11-d\_Vestas\_V162-6.8-  
7.2MW  
HH119\_FGmA\_29,0m\_20  
Jahre.docx

Das Dokument besteht aus  
7 Seiten.  
Seite 1 von 7

Die auszugsweise Wiedergabe des  
Dokumentes und die Verwendung  
zu Werbezwecken bedürfen der  
schriftlichen Genehmigung der  
TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Die Prüfergebnisse beziehen  
sich ausschließlich auf die  
untersuchten Prüfgegenstände.

Sitz: München  
Amtsgericht München HRB 96 869  
UST-IdNr. DE129484218  
Informationen gemäß § 2 Abs. 1 DL-InfoV  
unter [www.tuvsud.com/impressum](http://www.tuvsud.com/impressum)

Aufsichtsrat:  
Reiner Block (Vors.)  
Geschäftsführer:  
Ferdinand Neuwieser (Sprecher),  
Thomas Kainz, Simon Kellerer

Telefon: +49 89 5791-3146  
Telefax: +49 89 5791-2956  
[www.tuvsud.com/de-is](http://www.tuvsud.com/de-is)



TÜV SÜD Industrie Service GmbH  
Prüfamt für Standsicherheit für die  
Bautechnische Prüfung von  
Windenergieanlagen  
Westendstraße 199  
80686 München  
Deutschland



Industrie Service

Revision	Datum	Änderungen
0	11.10.2022	Erstfassung

**Inhaltsverzeichnis**

1. Unterlagen ..... 3

1.1. Geprüfte Unterlagen..... 3

1.2. Eingesehene Unterlagen..... 3

2. Prüfgrundlage ..... 4

3. Beschreibung ..... 4

3.1. Baustoffe..... 5

3.2. Lastannahmen ..... 5

3.3. Baugrund ..... 5

4. Prüfumfang ..... 5

5. Prüfbemerkungen..... 6

6. Prüfergebnis..... 6

Auflagen..... 6



Industrie Service

## **1. Unterlagen**

### **1.1. Geprüfte Unterlagen**

Folgende Dokumente, alle von HCE Ingenieurgesellschaft mbH erstellt, wurden zur Prüfung vorgelegt:

- [1] Statische Berechnung „Flachgründung mit hohem Wasserstand (HGWL) Windenergieanlage vom Typ Vestas V162-6.8/7.2 MW, EnVentus, WZ2GK2(S), 119 m“, 340 Seiten (inkl. Anlage 2 „Schädigungsberechnungen“), Dokument Nr. 22050St2, Rev. 1, Datum 2022-09-22
- [2] Schalplan „Windenergieanlage Vestas EV162-6.8/7.2MW, EnVentus, WZ2GK2(S), 119 m, Flachgründung mit hohem Wasserstand“, Dokument Nr. 050-22-V162-1-SP-101, Rev. 3, Datum 2022-10-10
- [3] Bewehrungsplan „Windenergieanlage Vestas EV162-6.8/7.2MW, EnVentus, WZ2GK2(S), 119 m, Flachgründung mit hohem Wasserstand“, Dokument Nr. 050-22-V162-1-BP-102, Rev. 2, Datum 2022-09-22
- [4] Bewehrungsplan „Windenergieanlage Vestas EV162-6.8/7.2MW, EnVentus, WZ2GK2(S), 119 m, Flachgründung mit hohem Wasserstand“, Dokument Nr. 050-22-V162-1-BP-103, Rev. 2, Datum 2022-09-22
- [5] Bewehrungsplan „Windenergieanlage Vestas EV162-6.8/7.2MW, EnVentus, WZ2GK2(S), 119 m, Flachgründung mit hohem Wasserstand“, Dokument Nr. 050-22-V162-1-BP-104, Rev. 2, Datum 2022-09-22

### **1.2. Eingesehene Unterlagen**

Folgende Dokumente wurden im Rahmen der Prüfung zusätzlich herangezogen:

- [6] „Combine Foundation Loads – TA27705 EV162-6.8/7.2 MW, EnVentus, WZ2GK2(S), 119 m 50/60 Hz, GS“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, 111 Seiten, Dokument Nr. 0125-6120, Rev. 01, Datum 2022-08-26
- [7] „Gutachtliche Stellungnahme für Lastannahmen zur Turmberechnung der Vestas Turbinen Vestas EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW mit 119 m Nabenhöhe, Windzone S, 20 Jahre Entwurfslebensdauer“, erstellt von DNV Energy Systems, 9 Seiten, Dokument Nr. L-08867-A052-1A, Rev. 1, Datum 2022-09-07
- [8] Ankerkorbzeichnung „V162 6.8/7.2 MW Mk1B HH119 DIBTs“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, Dokument Nr. A021-1057, Rev. 2, Datum 2022-09-06
- [9] Prüfbericht für eine Typenprüfung „Prüfung der Standsicherheit - Ankerkorb Windenergieanlagen vom Typ Vestas V162-6.8/7.2 MW, EnVentus, Turm: Stahlrohrturm, Nabenhöhe: 119 m über GOK, Windzone S, Erdbebenzone 3, Entwurfslebensdauer: 20 Jahre“ Dokument Nr. 3662285-21-d, Rev. 1, Datum 2022-10-11
- [10] Stahlliste „Vestas V162-6.8/7.2MW, EnVentus, WZ2GK2(S), 119 m - HGWL“, erstellt von HCE Ingenieurgesellschaft mbH, 10 Seiten, Dokument Nr. 22050StL2, Rev. 1, Datum 2022-09-07



Industrie Service

## **2. Prüfgrundlage**

Die Prüfung der Unterlagen erfolgte gemäß folgender Richtlinie:

- /1/ „Richtlinie für Windenergieanlagen“, herausgegeben vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt), Ausgabe Oktober 2012, korrigierte Fassung März 2015

Zur Prüfung wurden zusätzlich folgende Normen und Richtlinien herangezogen:

- /2/ DIN EN 1991-1-1:2010 „Eurocode 1: Einwirkung auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke - Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau; Deutsche Fassung EN 1991-1-1:2002 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1991-1-1/NA:2010 + DIN EN 1991-1-1/NA/A1:2015
- /3/ DIN EN 1992-1-1:2011 „Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetonbauwerken –Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010“ + DIN EN 1992-1-1/A1:2015, mit nationalem Anhang DIN EN 1992-1-1/NA:2013 + DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015
- /4/ DIN EN 1997-1:2009 „Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC: 2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1997-1/NA:2010
- /5/ DIN 1054:2010 „Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1“ + DIN 1054/A1:2012 und DIN 1054/A2:2015
- /6/ DIN EN 1998-1:2010 „Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten; Deutsche Fassung EN 1998-1:2004 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1998-1/NA:2011
- /7/ DIN 4149:2005 „Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten“
- /8/ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 439 „Ermüdungsfestigkeit von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen mit Erläuterungen zu den Nachweisen gemäß CEB-FIP Model Code 1990“, Ausgabe 1994
- /9/ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 600 „Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2)“, Ausgabe 2012

## **3. Beschreibung**

Der Stahlrohrturm für die Windenergieanlage vom Typ Vestas V162-6.8/7.2 MW mit 119 m Nabenhöhe wird auf einem kreisrunden Stahlbetonfundament verankert. Die unterste Stahlsektion wird mit vorgespannten Ankerbolzen und einem einbetonierten Ankerring auf dem Fundament verankert.

Die Flachgründung besteht aus einer kreisförmigen Fundamentplatte mit 29,00 m Außendurchmesser mit veränderlicher Höhe sowie einem darauf aufgesetzten Sockel. In der Mitte des Fundaments wird ein kreisrunder Bereich mit unbewehrtem Beton ausgeführt. Unter dem Fußflansch wird eine Lastverteilplatte angeordnet. Zwischen Lastverteilplatte und Sockel ist eine Mörtelausgleichsschicht angeordnet.

Die Fundamentplatte wird mit Erdreich überschüttet, um die statisch erforderliche Auflast zu erreichen.

Die genauen Abmessungen des Fundaments können dem Schalplan [2] entnommen werden.



Industrie Service

### 3.1. Baustoffe

Beton für Fundament	C35/45 mit Expositionsclassen XC2 gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/
Beton für Sockel	C50/60 mit Expositionsclassen XC4, XS1, XF3 gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/
Vergussmörtel	C80/95 gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/
Betonstahl	B500B gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/

### 3.2. Lastannahmen

Die dimensionierenden Lasten für die Fundamentauserlegung sind im Fundamentlastdokument [6] angegeben. Diese Lasten wurden mit der gutachtlichen Stellungnahme [7] bestätigt und werden als richtig vorausgesetzt. Die angesetzte Entwurfslebensdauer der Windenergieanlage beträgt 20 Jahre.

Einwirkungen aus Erdbeben sind gemäß Dokument [7] auf Basis der DIN EN 1998-1 /6/ für alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen in Deutschland abgedeckt. Hiermit sind auch alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen nach DIN 4149 /7/ in Deutschland abgedeckt.

Auf der Oberseite der Fundamentplatte wurde eine Verkehrslast von 5 kN/m<sup>2</sup> berücksichtigt.

Eigengewichte wurden gemäß DIN EN 1991-1-1 /2/ und nach Herstellerangaben berücksichtigt.

### 3.3. Baugrund

Die Mindestwerte der dynamischen und statischen Drehfedersteifigkeit des Gesamtsystems aus Boden und Fundament betragen gemäß Zeichnung [2]  $k_{\phi, \text{dyn}} \geq 66,0 \text{ GNm/rad}$  und  $k_{\phi, \text{stat}} \geq 25,8 \text{ GNm/rad}$ .

Der höchste für den Auftrieb maßgebende Wasserstand liegt bei Geländeoberkante, Höhenkote s. [2].

## 4. Prüfumfang

Dieser Prüfbericht für eine Typenprüfung umfasst die Prüfung hinsichtlich der Standsicherheit der in Abschnitt 3 beschriebenen Flachgründung mit Auftrieb auf Basis der in Abschnitt 2 genannten Prüfgrundlagen.

Für eine vollständige Typenprüfung sind alle in Dokument /1/, Kapitel 3 im Abschnitt I gelisteten gutachtlichen Stellungnahmen sowie ein zusammenfassender Prüfbescheid zur Typenprüfung von Turm und Fundament erforderlich. Diese können bis spätestens zu Baubeginn der ersten Anlage nachgereicht werden.

Die Überprüfung der Standorteignung sowie des Blitzschutz- und Erdungskonzepts ist nicht Gegenstand dieses Berichts.

Abweichungen von den geprüften Unterlagen und Prüfgrundlagen bezüglich Konstruktion, Lastannahmen, Randbedingungen und Ausführung, die Einfluss auf die Standsicherheit haben, sind durch diesen Bericht nicht abgedeckt und erfordern eine Überarbeitung der Berechnung und deren Prüfung.

## **5. Prüfbemerkungen**

Die vorgelegten Nachweise wurden durch eigene Vergleichsrechnungen überprüft. Auf Basis der eingereichten Unterlagen und unserer Vergleichsrechnungen können ausreichende Sicherheiten bestätigt werden. Die Zeichnungen wurden auf Übereinstimmung mit den Annahmen der Berechnungen sowie den Vorgaben der in Abschnitt 2 genannten Prüfgrundlagen geprüft.

### **Schnittstellen:**

Die Nachweise der Lasteinleitung in den Vergussmörtel und Beton des Fundaments werden mit diesem Prüfbericht bestätigt. Die Nachweise des Ankerkorbs (bestehend aus Ankerbolzen und Ankerring) gemäß [8] wurden mit Prüfbericht [9] bestätigt.

### **Imperfektionen:**

Die Lasten aus [6] enthalten bereits Effekte aus einer Turmschiefstellung von 3 mm/m sowie aus einer zusätzlichen Schiefstellung von 6 mm/m infolge der Berücksichtigung statischer Bodenkennwerte.

## **6. Prüfergebnis**

Die Berechnungen und die zugehörigen Konstruktions- und Bewehrungszeichnungen für das Fundament entsprechen den in Abschnitt 2 genannten Normen und Richtlinien und sind im Wesentlichen vollständig und richtig.

Die Anforderungen an die Standsicherheit der Gründung sind erfüllt, vorausgesetzt, die nachstehenden Auflagen sowie alle Auflagen und Bemerkungen der zugehörigen Prüfberichte und Gutachten werden beachtet bzw. vollzogen.

Die Prüfung der technischen Unterlagen für das Fundament ist hiermit abgeschlossen.

## **Auflagen**

### **Baugrund**

1. Die vorhandenen Bodenkennwerte, die Zuordnung des Bodens zu Expositionsklassen nach DIN EN 1992-1-1 /3/ und der höchste für den Auftrieb maßgebende Wasserstand sind für den jeweiligen Standort zu ermitteln und im geotechnischen Untersuchungsbericht zu beschreiben.
2. Grundbautechnische Berechnungen sind im Rahmen des geotechnischen Entwurfsberichts durchzuführen. Die Schnittgrößen an Fundamentunterkante sind in [2] angegeben.
3. Die Mindestwerte der dynamischen und statischen Drehfedersteifigkeit des Gesamtsystems aus Boden und Fundament gemäß Abschnitt 3.3. müssen für den jeweiligen Standort nachgewiesen werden. Dabei kann das Fundament in guter Näherung als Starrkörper angenommen werden.
4. Die im geotechnischen Entwurfsbericht angenommenen Baugrundverhältnisse sind beim Baugrubenaushub vom Bodengutachter zu überprüfen und zu bestätigen. Vor Aufbringen der Sauberkeitsschicht ist die Tragfähigkeit der Baugrubensohle durch den Bodengutachter zu bestätigen.



Industrie Service

### Ausführung Fundament

5. Auf einen ausreichenden Korrosionsschutz für den Ankerkorb ist zu achten. Sollte Expositions-kategorie XA oder XS gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/ abweichend von den gewählten Expositions-kategorien gemäß Abschnitt 3.1. am Standort zu berücksichtigen sein, so sind gegebenenfalls zusätzliche Maßnahmen zum Schutz des Betons und der Bewehrung zu ergreifen.
6. Zur Begrenzung der Rissbildung infolge Hydratationswärmeentwicklung sind geeignete beton-technologische Maßnahmen zu ergreifen. Hierbei ist zu beachten, dass bei der Auslegung der Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite aus Abfließen der Hydratationswärme die Betonzugfestigkeit  $f_{ct,eff}$  im frühen Betonalter vereinfacht zu 50% der mittleren Zugfestigkeit  $f_{ctm}$  nach 28 Tagen angenommen wurde.
7. Das Fundament ist mit einer Bodenaufschüttung gemäß [2] dauerhaft zu überschütten. Das Material der Überschüttung muss die in [2] spezifizierte Mindestwichte im Trockenzustand aufweisen und muss maschinell verdichtet werden. Die Überschüttung muss gleichmäßig über den Umfang verteilt sein.

### Prüfintervalle

8. Die Anforderungen an die wiederkehrenden Prüfungen gemäß DIBt-Richtlinie /1/ sind zu be-achten.

**Für die Verlängerung der Typenprüfung sind die Zeichnungen und die Berechnungen zu einer erneuten Überprüfung hinsichtlich geänderter Vorschriften oder Richtlinien vorzulegen.**

**TÜV SÜD Industrie Service GmbH  
Prüfamt für Standsicherheit für die  
bautechnische Prüfung von Windenergieanlagen**

Der Bearbeiter

A. Molins Estellés

Der Leiter

i.V. S. Mayer

Durch Vergleichsrechnung geprüft

TYPENPRÜFUNG Geltungsdauer

.5.Jahre/Wiedervorlage bis ..10..10..2027

**HCEiNG**

## 1. REVISION

# STATISCHE BERECHNUNG

**Flachgründung mit hohem Wasserstand (HGWL)**

**Windenergieanlage vom Typ**

**Vestas V162-6.8/7.2 MW, EnVentus, WZ2GK2(S), 119 m**

Bauvorhaben: Fundament für Typenprüfung

Auftraggeber: Vestas Wind Systems AS  
Hedeager 42  
8200 Aarhus N  
DÄNEMARK

Aufsteller: HCE Ingenieurgesellschaft mbH  
Bleicherweg 6  
21073 Hamburg  
DEUTSCHLAND  
(Projekt-Nr.: 050-22)

**In bautechnischer Hinsicht geprüft.**

Siehe Prüfbericht vom .....  
München ..... 11.10.2022

TÜV SÜD Industrie Service GmbH  
Prüfamt für Standsicherheit  
von Windenergieanlagen

Der Bearbeiter:

Der Leiter:

HCE-ID: 22050St2\_R1  
Datum: 22.09.2022  
Seiten: 1 - 303  
Anlagen: 2  
Schalplan: 050-22 V162 1 SP 101  
Bewehrungspläne: 050-22 V162 1 BP 202  
050-22 V162 1 BP 303  
050-22 V162 1 BP 304

Datum:  
22.09.2022  
Zeichen:  
050-22  
Ansprechpartner/-in:  
Qazi Babar Gohar

■  
HCE Ingenieurgesellschaft mbH  
Bleicherweg 6  
21073 Hamburg  
DEUTSCHLAND  
Telefon +49 40 - 300 92 69-0  
Telefax +49 40 - 300 92 69-38  
info@hce-design-group.com  
www.hce-design-group.com

■  
**Hoch-, Tief- und  
Industriebau**

**Beratung  
Planung  
Konstruktion  
Statik**

**Projektsteuerung  
Bauleitung**

**Baugrunderkundungen  
Baugrundgutachten**

**Spezialisten für  
Pfahlgründungen**

■  
HypoVereinsbank  
BLZ 200 300 00  
KTO 147 539 74  
BIC (Swift) HYVEDEMM300  
IBAN:  
DE67 200 300 00 0014753974

Sparkasse Stade-Altes Land  
BLZ 241 510 05  
KTO 100 001 93 54  
BIC (Swift) NOLADE21STS  
IBAN:  
DE84 2415 1005 1000 0193 54

Geschäftsführer  
Dipl.-Ing. Thomas Hartwig

Finanzamt Hamburg-Harburg  
UID / VAT ID: DE 232 597 825

Handelsregister:  
Amtsgericht Hamburg HRB 89 123

A member of the  
**HCEDESIGN GROUP**



# Inhalt

<b>1 Vorbemerkungen</b> .....	<b>6</b>
<b>2 Grundlagen</b> .....	<b>10</b>
2.1 Projektspezifische Grundlagen .....	10
2.2 Allgemeine Grundlagen .....	11
<b>3 Beschreibung der Konstruktion</b> .....	<b>12</b>
3.1 Fundamentgeometrie .....	12
3.2 Geometrie des Ankerkorbes .....	14
<b>4 Lastannahmen</b> .....	<b>21</b>
4.1 Ständige und veränderliche Lasten außer Turm .....	21
4.1.1 Eigengewicht Fundament und Ankerkorb .....	21
4.1.2 Überschüttung .....	25
4.1.3 Verkehrslast .....	26
4.1.4 Auftrieb .....	27
4.2 Lasten aus Turm Vestas V162-6.8/7.2 MW, EnVentus, WZ2GK2(S), 119 m .....	32
<b>5 Nachweis der Lasteinleitung Turm → Fundament</b> .....	<b>47</b>
5.1 Berechnung der Federkonstanten .....	47
5.2 Mörtel- und Betonpressungen unter der Lastverteilungsplatte .....	51
5.2.1 Berechnung der Spannungen .....	51
5.2.2 Nachweis der Mörtelpressungen unter der Lastverteilungsplatte .....	55
5.2.3 Nachweis der Betonpressungen unterhalb des Vergussmörtels .....	59
5.2.4 Nachweis der erforderlichen Spaltzugbewehrung unterhalb der Lastverteilungsplatte .....	61
5.2.5 Nachweis der Betonpressungen beim Übergang zur niedrigeren Betongüte .....	63
5.3 Nachweis der Betonpressungen oberhalb der Ankerplatte .....	65
5.3.1 Betonpressungen oberhalb der Ankerplatte .....	65
5.3.2 Nachweis der erforderlichen Spaltzugbewehrung oberhalb der Ankerplatte .....	71
<b>6 Geotechnische Nachweise</b> .....	<b>73</b>
6.1 Lasten in UK Fundament .....	73
6.1.1 Lastfall E1 - 14Ecdvraa00(fam97) .....	73
6.1.2 Lastfall E2 - 23NTMHWO100(fam224) .....	74



6.1.3 Lastfall E3 - 23NTMvra00(fam221) .....	75
6.1.4 Lastfall A1 - 62E50b04000(fam352) .....	76
6.1.5 Lastfall A2 - 22VOGV00(fam170) .....	77
6.1.6 Lastfall A3 - 62E50b04000(fam352) .....	78
6.1.7 Lastfall N1 - D.3: Prob.:1e-2 .....	79
6.2 Sohlspannungen (geradlinige bzw. gleichmäßige Verteilung) .....	80
6.2.1 Geometrische Parameter .....	80
6.2.2 Sohlspannungen unter dem Lastfall E1 .....	80
6.2.3 Sohlspannungen unter dem Lastfall A1 .....	85
6.3 Grenzzustand der Tragfähigkeit .....	89
6.3.1 Nachweis der Kippsicherheit (Grenzzustand EQU) .....	89
6.3.2 Nachweis der Gleitsicherheit (Grenzzustand GEO-2) .....	90
6.3.3 Nachweis der Grundbruchsicherheit (Grenzzustand GEO-2) .....	93
6.4 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit .....	103
6.4.1 Klaffen der Sohlfuge in Bemessungssituation BS-P und BS-T .....	103
6.4.2 Klaffen der Sohlfuge in Einwirkungskombination D.3 .....	105
6.5 Einzuhaltende Federkonstanten des Bodens .....	107
6.5.1 Anforderungen .....	107
6.5.2 Nachweis der Rotationsfedersteifigkeit .....	108
6.5.3 Nachweis der Translationsfedersteifigkeit .....	109
6.5.4 Bettungsziffer (vertikal) für FE-Berechnung .....	110
6.6 Ermittlung der Fundamentverdrehung .....	111
6.6.1 Ermittlung der Fundamentverdrehung für den Lastfall E1 .....	111
6.6.2 Ermittlung der Fundamentverdrehung für den Lastfall A1 .....	113
<b>7 Bemessung des Fundamentes als Stahlbetonkonstruktion .....</b>	<b>115</b>
7.1 System- und Lasteingabe .....	115
7.1.1 Vorbemerkungen .....	115
7.1.2 Lagerungsbedingungen .....	115
7.1.3 Lasteingabe .....	115
7.1.4 Ausdruckprotokoll FE-Modell .....	123
7.2 Nachweise für Biegung und Längskräfte .....	163
7.2.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit .....	163
7.2.1.1 Festigkeitsnachweise .....	163
7.2.1.2 Ermüdungsnachweise .....	198
7.2.2 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit .....	248
7.2.2.1 Rissbreitenbegrenzung unter quasi-ständiger Einwirkungskombination .....	248

7.2.2.2 Rissbreitenbegrenzung unter Zwang (Abfließen der Hydratationswärme) .....	257
7.2.3 Mindestbewehrung gemäß DIN EN 1992-1-1, 9.2.1.1 .....	263
7.3 Nachweise für Querkräfte .....	264
7.3.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit .....	264
7.3.1.1 Festigkeitsnachweise .....	264
7.3.1.2 Ermüdungsnachweise .....	276
7.4 Durchstanznachweis .....	293
7.5 Bauliche Durchbildung .....	300
Neues Lesezeichen .....	5
Neues Lesezeichen .....	5
Neues Lesezeichen .....	4
<b>8 Schlussbemerkungen .....</b>	<b>302</b>

Anlagen:

Anlage 1:	Ermüdungslasten	199 Seiten
Anlage 2:	Schädigungsberechnungen	41 Seiten







Industrie Service

**Mehr Wert.  
Mehr Vertrauen.**

PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE  
BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN

## Prüfbericht für eine Typenprüfung

Datum: 21.09.2022

**Prüfnummer:** 3662285-1-d

**Objekt:** **Prüfung der Standsicherheit – Stahlrohrturm TA27705**  
Windenergieanlage Vestas V162/6.8-7.2 MW,  
119 m Nabenhöhe  
Windzone S, Erdbebenzone 3  
Entwurfslebensdauer: 20 Jahre

**Prüfgrundlage:** DIBt-Richtlinie 2012

**Hersteller Wind-  
energieanlage:** Vestas Wind Systems A/S  
Hedeager 42  
8200 Aarhus N  
Dänemark

**Konstruktion  
und statische  
Berechnung:** Vestas Wind Systems A/S  
Hedeager 42  
8200 Aarhus N  
Dänemark

**Auftraggeber:** Vestas Wind Systems A/S  
Hedeager 42  
8200 Aarhus N  
Dänemark

**Gültig bis:** 20.09.2027

Unsere Zeichen:  
IS-ESW-MUC/RE

Dokument:  
3662285-1-d\_Vestas\_V162\_6.8-  
7.2MW\_Stahlurm\_TA27705\_NH  
119m\_20a.docx

Das Dokument besteht aus  
9 Seiten.  
Seite 1 von 9

Die auszugsweise Wiedergabe des  
Dokumentes und die Verwendung  
zu Werbezwecken bedürfen der  
schriftlichen Genehmigung der  
TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Die Prüfergebnisse beziehen  
sich ausschließlich auf die  
untersuchten Prüfgegenstände.

Sitz: München  
Amtsgericht München HRB 96 869  
USt-IdNr. DE129484218  
Informationen gemäß § 2 Abs. 1 DL-InfoV  
unter [www.tuvsud.com/impressum](http://www.tuvsud.com/impressum)

Aufsichtsrat:  
Reiner Block (Vors.)  
Geschäftsführer:  
Ferdinand Neuwieser (Sprecher),  
Thomas Kainz, Simon Kellerer

Telefon: +49 89 5791-3146  
Telefax: +49 89 5791-2956  
[www.tuvsud.com/de-is](http://www.tuvsud.com/de-is)

**TUV**<sup>®</sup>

TÜV SÜD Industrie Service GmbH  
Prüfamt für Standsicherheit für die  
Bautechnische Prüfung von  
Windenergieanlagen  
Westendstraße 199  
80686 München  
Deutschland



Industrie Service

Revision	Datum	Änderungen
0	21.09.2022	Erstfassung

**Inhaltsverzeichnis**

1. Unterlagen .....3

1.1. Geprüfte Unterlagen.....3

1.2. Eingesehene Unterlagen.....3

2. Bewertungsgrundlage .....4

3. Beschreibung .....5

3.1. Maße.....5

3.2. Baustoffe.....5

3.3. Lastannahmen .....5

4. Prüfumfang .....6

5. Prüfbemerkungen.....6

6. Prüfergebnis.....8

Auflagen.....8

## **1. Unterlagen**

### **1.1. Geprüfte Unterlagen**

Folgende Dokumente, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, wurden zur Prüfung vorgelegt:

- [1] "Tower Strength Calculations Hub Height: 119.0 m Rotor: V162 Climate: DIBT S (WZ2 GK2) Tower no: TA27705 Name: V162 6.8/7.2MW NH119 DE Model ID: 8705", 68 Seiten,  
Dokument Nr. 0126-2695, Revision 1, Datum 2022-09-02
- [2] Zeichnung " TA27705-V162-6.8/7.2 MW NH119.0 DIBT S (WZ2 GK2)", 1 Blatt,  
Zeichnung Nr. A021-0055, Revision 0, Datum 2022-05-27

### **1.2. Eingesehene Unterlagen**

Folgende Dokumente, sofern nicht anders angegeben von Vestas Wind Systems A/S erstellt, wurden im Rahmen der Prüfung zusätzlich zur Information herangezogen:

- [3] "Combine tower loads – TA27705 EV162-6.8/7.2 MW, EnVentus, WZ2GK2(S), HH119 m 50/60 Hz, GS", 23 Seiten,  
Dokument Nr. 0125-6113, Revision 0, Datum 2022-05-17
- [4] "Vestas EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW mit 119 m Nabenhöhe, Windzone S, 20 Jahre Entwurfslebensdauer Gutachterliche Stellungnahme für Lastannahmen zur Turmberechnung der Vestas Turbinen", erstellt von DNV Renewables Certification, 9 Seiten,  
Dokument Nr. L-08867-A052-1A, Revision 1, Datum 2022-09-07
- [5] Zeichnung „FLANGE,L,3725 mm,3416 mm, 450 mm,3478 mm, S355NL EN 10025-3 (FORGED)“, erstellt von Vestas, 1 Blatt,  
Zeichnung Nr. 29266594, Revision 1, Datum 2022-08-18
- [6] "Tower Top Flange – EnVentus Mk1BC Robust Version FE analysis - Fatigue/Extreme Loads Assessment“, erstellt von Vestas, 24 Seiten,  
Dokument Nr. 0122-6133, Revision 02, Datum 2022-08-18
- [7] "Nachweis Turmkopfflansch für die EnVentus Mk1-Plattform“, erstellt von DNV Energy Systems Renewables Certification, 3 Seiten,  
Dokument Nr. LTR-04971-20220825-01, Revision 1, Datum 2022-08-26
- [8] "Design Guideline for Calculation of Tubular Towers DIBt version“, 41 Seiten,  
Dokument Nr. 0014-2731, Revision 4, Datum 2019-06-20
- [9] Europäische Technische Bewertung „IHF Stretchbolt Schraubengarnituren“, erstellt vom Deutschen Institut für Bautechnik, 9 Seiten,  
ETA-13/0243, Datum 2019-06-13
- [10] „Verification Letter for Vestas probabilistic assessment of Tower out of Vertical (TooV)“, erstellt von DNV Energy Systems Renewables Certification, 5 Seiten,  
Dokument Nr. LTR-198155-1-Rev04-20210527, Datum 2021-07-15



Industrie Service

## **2. Bewertungsgrundlage**

Die Prüfung der Unterlagen erfolgte gemäß folgender Richtlinie:

- /1/ „Richtlinie für Windenergieanlagen“, herausgegeben vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt), Ausgabe Oktober 2012, korrigierte Fassung 2015

Zur Prüfung wurden zusätzlich folgende Normen und Richtlinien herangezogen:

- /2/ DIN EN 1991-1-1:2010 „Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau; Deutsche Fassung EN 1991-1-1:2002 + AC:2009“ mit nationalem Anhang DIN EN 1991-1-1/NA:2010 + DIN EN 1991-1-1/NA/A1:2015
- /3/ DIN EN 1991-1-4:2010 „Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-4:2005 + A1:2010 + AC:2010“, mit nationalem Anhang DIN EN 1991-1-4/NA:2010
- /4/ DIN EN 1993-1-1:2010 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009“, + DIN EN 1993-1-1/A1:2014, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-1/NA:2015
- /5/ DIN EN 1993-1-6:2010 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen; Deutsche Fassung EN 1993-1-6:2007 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-6/NA:2010
- /6/ DIN EN 1993-1-8:2010 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen; Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-8/NA:2010
- /7/ DIN EN 1993-1-9:2010 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-9: Ermüdung; Deutsche Fassung EN 1993-1-9:2005 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-9/NA:2010
- /8/ DIN EN 1993-1-10:2010 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung; Deutsche Fassung EN 1993-1-10:2005 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-10/NA:2016
- /9/ DIN EN 1998-1:2010 „Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten; Deutsche Fassung EN 1998-1:2004 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1998-1/NA:2011
- /10/ DIN 4149:2005 „Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten“
- /11/ DIN EN 1090-2:2018 „Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken; Deutsche Fassung EN 1090-2:2018“
- /12/ DIN EN 14399-4:2015 „Hochfeste vorspannbare Garnituren für Schraubverbindungen im Metallbau – Teil 4: System HV – Garnituren aus Sechskantschrauben und -muttern; Deutsche Fassung EN 14399-4:2015“
- /13/ DASt – Richtlinie 021:2013 “Schraubverbindungen aus feuerverzinkten Garnituren M 39 bis M 72 entsprechend DIN EN 14399-4, DIN EN 14399-6“



Industrie Service

### **3. Beschreibung**

Der Stahlrohrturm TA27705 für die Windenergieanlage Vestas V162/6.8-7.2 MW besteht aus 3 zylindrischen und 3 konischen Sektionen.

Der Stoß zwischen den unteren beiden Turmsektionen ist als T-Ringflanschverbindung mit vorgespannten Schrauben ausgeführt. Die Flanschlänge des asymmetrischen T-Flansches ist innenseitig 39 mm länger als außenseitig.

Die Stöße der weiteren Turmsektionen sind als L-Ringflanschverbindungen mit innenliegenden, vorgespannten Schrauben ausgeführt.

Die Wanddickenstöße der Turmsegmente sind als Stumpfnähte ausgeführt.

Die Türöffnung in der untersten Turmsektion ist mit einem Blech verstärkt.

Die Anbindung an das Fundament erfolgt über einen T-Ringflansch. Die Anbindung an das Turmkopflager erfolgt über einen L-Ringflansch.

#### **3.1. Maße**

Nabenhöhe:	119 m
Gesamtlänge Turm:	116,17 m
Außendurchmesser Turmwandung am Turmfußflansch:	4,227 m
Außendurchmesser Turmwandung am Turmkopfflansch:	3,665 m

Weitere Angaben können Zeichnung [2] entnommen werden.

#### **3.2. Baustoffe**

Turmwand	S355 K2 gemäß DIN EN 10025 S355 J2 gemäß DIN EN 10025 S355 J0 gemäß DIN EN 10025
Türverstärkung	S355 NL gemäß DIN EN 10025
Ringflansche	S355 NL gemäß DIN EN 10025 mit Z25 Güte gemäß DIN EN 10164 für aus Blech hergestellte Flansche, die senkrecht zur Walzebene beansprucht werden
Turmfußflansch	S355 NL gemäß DIN EN 10025 mit Z25 Güte gemäß DIN EN 10164 für aus Blech hergestellte Flansche, die senkrecht zur Walzebene beansprucht werden
Schraubengarnituren	M42-10.9 gemäß DAST-Richtlinie 021 /13/ M48-10.9 gemäß DAST-Richtlinie 021 /13/ M72-10.9 gemäß DAST-Richtlinie 021 /13/ alternativ „IHf Stretchbolt Schraubengarnituren“ gemäß [9]

#### **3.3. Lastannahmen**

Die dimensionierenden Lasten für die Prüfung des Stahlrohrturms der oben genannten Windenergieanlage sind in Dokument [3] angegeben. Diese Lasten wurden mit der gutachtlichen Stellungnahme [4] bestätigt und werden als richtig vorausgesetzt. Die angesetzte Entwurfslebensdauer der Windenergieanlage beträgt 20 Jahre.

Einwirkungen aus Erdbeben sind gemäß Dokument [4] auf Basis der DIN EN 1998-1 /9/ für alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen in Deutschland abgedeckt. Hiermit sind



Industrie Service

auch alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen nach DIN 4149 /10/ in Deutschland abgedeckt.

Eigengewichte wurden gemäß DIN EN 1991-1-1 /2/ und nach Herstellerangaben berücksichtigt.

Turmkopfmasse: 324 t

#### **4. Prüfumfang**

Dieser Prüfbericht für eine Typenprüfung umfasst die Prüfung hinsichtlich der Standsicherheit des in Abschnitt 3 beschriebenen Stahlrohrturms auf Basis der in Abschnitt 2 genannten Prüfgrundlagen.

Für eine vollständige Typenprüfung sind alle in Dokument /1/, Kapitel 3 im Abschnitt I gelisteten gutachtlichen Stellungnahmen sowie ein zusammenfassender Prüfbescheid zur Typenprüfung erforderlich. Diese können bis spätestens zu Baubeginn der ersten Anlage nachgereicht werden.

Weitere Prüfungen wie die Überprüfung der Bauausführung, der Standorteignung, des Fundaments, des Blitzschutz-/Erdungskonzepts und der Turmeinbauten sind nicht Gegenstand dieses Berichtes.

Abweichungen von den geprüften Unterlagen und Prüfgrundlagen bezüglich Konstruktion, Lasten, Randbedingungen, Ausführung und Anlagensteuerung, die Einfluss auf die Standsicherheit haben, sind durch diesen Bericht nicht abgedeckt und erfordern eine Überarbeitung der Berechnung und eine erneute Prüfung.

Es wird davon ausgegangen, dass Hersteller und Betreiber ihren Verpflichtungen zur Gewährleistung des sicheren Betriebes der Anlage nachkommen und über im Betrieb festgestellte, auslegungsrelevante Auffälligkeiten, wie z.B. Schwingungsphänomene, berichten und gegebenenfalls veranlassen, dass entsprechende Untersuchungen durchgeführt und neue Berechnungen zur Prüfung vorgelegt werden.

#### **5. Prüfbemerkungen**

Die vorgelegten Nachweise wurden durch eigene Vergleichsrechnungen überprüft.

Die vorliegenden Nachweise in Dokument [1] weisen für verschiedene Teilbereiche Auslastungen von nahezu 100% sowohl für die Betriebs- als auch für die Extremlasten aus. Überschreiten die Lasten die Lastannahmen gemäß [4], sind neue Nachweise zur Prüfung vorzulegen.

Die Zeichnungen wurden auf Übereinstimmung mit den Annahmen der Berechnungen sowie den Vorgaben der in Abschnitt 2 genannten Prüfgrundlagen geprüft.

#### **Schnittstellen:**

Die Prüfung des Ankerkorbs sowie die Nachweise der Lasteinleitung vom Turmfußflansch in die darunterliegende Struktur sind nicht Bestandteil dieser Prüfung.

Die Berechnung des Turmkopfflansches mit dem Nachweis der Schweißverbindung im Einflussbereich des Turmkopfflansches und des Radius des Turmkopfflansches gemäß Zeichnung [5] wurde in [1] anhand von Spannungskonzentrationsfaktoren aus [6] durchgeführt. Dokument [6] wurde mit [7] bestätigt. Die Berechnung der Schraubverbindung zur Maschine ist nicht Gegenstand dieser Prüfung und ist in die Prüfung der Maschine einzubeziehen, siehe Auflage 13.

#### **Eigenfrequenzen:**

Die in [1] berechnete erste Eigenfrequenz liegt innerhalb des im Lastgutachten [4] angegebenen Gültigkeitsbereichs (0,173 Hz bis 0,191 Hz). Die dynamische Rotationsfedersteifigkeit aus der Interaktion von Fundament und Baugrund muss mindestens  $k_{\varphi, \text{dyn}} = 66 \text{ GNm/rad}$  betragen.



Die Eigenfrequenz liegt im Bereich der möglichen Erregerfrequenzen der Anlage. Daher ist eine betriebliche Schwingungsüberwachung vorzusehen, die mit dem Betriebs- und Sicherheitssystem der Anlage verbunden ist, siehe Auflage 2.

### Imperfektionen:

Die Lasten aus [3] enthalten bereits Effekte aus einer Turmschiefstellung von 6 mm/m, sowie aus einer zusätzlichen Schiefstellung von 3 mm/m infolge der Berücksichtigung einer statischen Bodendrehfeder von mindestens  $k_{\phi,stat} = 66 \text{ GNm/rad}$ . Dieser Ansatz wurde in [10] bestätigt, unter Beachtung von Auflage 14.

### Bauzustände, Querschwingungen:

Nachweise wirbelerregter Querschwingungen wurden für verschiedene Errichtungszustände gemäß nachstehender Tabelle in [1] geführt. Weitere hiervon abweichende Bau- und Montagezustände sowie Transportzustände sind nicht Gegenstand dieser Prüfung, siehe Auflage 5.

Bauzustand / vorübergehender Zustand	Gesamte maximale Dauer
Einzelne Sektionen des Turmes	Errichtung des gesamten Turmes innerhalb 1 Tages
Turm ohne Gondel	2 Tage
Turm mit Gondel und Getriebe ohne Nabe und Rotor	2 Tage
Stillstandszeiten der fertiggestellten Anlage	1 Jahr über die Lebensdauer

### Kerbfalkategorien:

Für die Berechnung des Turmes in [1] wurden die Kerbfalkategorien, sofern nicht anders angegeben gemäß DIN EN 1993-1-9 /7/ Bild 7.1, folgendermaßen angesetzt:

Lage gemäß Zeichnung [2]	Kerbfalkategorie / Anforderung
<b>Zusätzlich an der Turmwand befestigte Teile</b>	
Sektion 1, Blech 1 bis 3 Sektion 6, Blech 9 bis 11	KFK 80
Alle anderen Bleche	KFK 90
<b>Bohrungen (z.B. für Flugbefeuerungen und Reibseilabspannungen)</b>	
Sektion 1, Blech 4 bis Sektion 6, Blech 8	KFK 90
<b>Bereich Tür</b>	
Innerhalb der gestrichelten Linie um die Türzarge gem. Zeichnung [2]	Keine Anschweißteile erlaubt
Gestrichelte Bereiche um die Türzarge gem. Zeichnung [2]	KFK 112 für Stumpfnähte
<b>Rundnähte (wenn nicht anderes angegeben oben und unten am genannten Blech)</b>	
Sektion 1, Blech 1 bis Sektion 6, Blech 8	KFK 90
Sektion 6, Blech 9 (oben) bis Blech 11 (unten)	KFK 80
Stumpfnahmt zum Turmkopfflansch	KFK 90

Ein Schwellenwert der Ermüdungsfestigkeit wurde nicht angesetzt.

### **Stahlsortenauswahl:**

Die Stahlsortenauswahl nach DIN EN 1993-1-10 /8/ wurde in [1] für eine Bezugstemperatur  $T_{Ed} = -30^{\circ}\text{C}$  durchgeführt.

## **6. Prüfergebnis**

Die Berechnung und die zugehörigen Konstruktionszeichnungen für den geprüften Stahlrohrturm entsprechen den in Abschnitt 2 genannten Normen und Richtlinien und sind im Wesentlichen vollständig und richtig.

Die Anforderungen an die Standsicherheit des Turmtragwerkes sind erfüllt, vorausgesetzt, die nachstehenden Auflagen sowie alle Auflagen und Bemerkungen der zugehörigen Prüfberichte und Gutachten werden beachtet bzw. vollzogen.

Der Turm der Windenergieanlage ist für Standorte entsprechend den Lastannahmen in [3] geeignet.

Die Prüfung der technischen Unterlagen für den Turm ist hiermit abgeschlossen.

## **Auflagen**

### **Allgemein**

1. Sollten Schwingungsphänomene festgestellt werden, die in den Lastannahmen in [3] nicht berücksichtigt wurden, so sind entsprechende Untersuchungen durchzuführen und gegebenenfalls neue Berechnungen zur Prüfung vorzulegen.
2. Die Anlage ist mit einer betrieblichen Schwingungsüberwachung auszurüsten, die in der Lage sein muss, auftretende Schwingungen entsprechend den Annahmen im Lastdokument [3] zu begrenzen.
3. Die in Abschnitt 5 angegebenen Mindestwerte der Steifigkeiten aus dem Zusammenwirken von Fundament und Baugrund dürfen nicht unterschritten werden.
4. Es ist für jede Anlage sicherzustellen, dass der Bereich der zulässigen Eigenfrequenzen gemäß Abschnitt 5 eingehalten wird.
5. Für Bauzustände und Stillstandszeiten der Anlage sind die Angaben in Abschnitt 5 bezüglich der maximalen Dauer einzuhalten. Falls dies nicht möglich ist oder die Gondel zu einem späteren Zeitpunkt vom Turm genommen wird sowie für Bauzustände, die nicht in Abschnitt 5 aufgeführt sind, sind geeignete Maßnahmen zur Verhinderung von wirbelerregten Querschwingungen zu treffen.

### **Stahlsektionen**

6. Der Korrosionsschutz der Turmaußenseite (Turminnenseite) ist für eine Korrosivitätskategorie C4 (C3) nach DIN EN ISO 12944 auszuführen. Bei Aufstellung in Industrienähe mit hoher Feuchte und aggressiver Atmosphäre oder Meeresnähe mit hoher Salzbelastung ist für die Turmaußenseite eine Korrosivitätskategorie C5 erforderlich. Für die Schutzdauer ist die Klasse „hoch“ gemäß DIN EN ISO 12944-5 anzusetzen, dies entspricht einer angestrebten Zeitspanne von mindestens 15 Jahren bis zur ersten planmäßigen Instandsetzungsmaßnahme aus Korrosionsschutzgründen.



Industrie Service

7. Sämtliche in Dickenrichtung belastete Bauteile (z.B. Flansche und Zargen) müssen hinsichtlich innerer Inhomogenitäten (z.B. Dopplungen) nach EN 10160, Qualitätsklasse S1 und E1, oder einem äquivalenten Standard ultraschallgeprüft sein.
8. Der Stahlrohturm darf nur von Herstellern mit einer Qualifizierung gemäß DIN EN 1090-1 für mindestens Ausführungsklasse EXC3 gefertigt werden.
9. Die Fertigung des Stahlrohturmes muss den Anforderungen der DIN EN 1090-2 Ausführungsklasse EXC3 entsprechen.
10. Die maximal zulässigen Flanschtoleranzen gemäß /1/, Abschnitt 13.1 sind einzuhalten.
11. Die Anschlusspunkte aller zusätzlich an die Turmwand angeschweißten Teile (z.B. Besteigeinrichtungen) müssen mindestens den in Abschnitt 5 angegebenen Kerbfallkategorien entsprechen.
12. Die Schweißnähte des Turmes müssen den Anforderungen der Kerbfallklassen gemäß Abschnitt 5 entsprechen.
13. Die Prüfung der Schraubverbindung am Turmkopfflansch (Turm zur Maschine) ist in die Prüfung der Maschine einzubeziehen.
14. Die Anforderungen an die Turmherstellung und -errichtung gemäß [10] sind zu beachten.

#### Prüfintervalle

15. Die planmäßige Vorspannung der Schraubverbindungen ist nach Inbetriebnahme gemäß den Vorgaben der DIBt- Richtlinie /1/ (Abschnitt 13.1 Anmerkung 1) erneut zu kontrollieren und ggf. nachzuspannen.
16. Die Anforderungen an die wiederkehrende Prüfung gemäß der DIBt-Richtlinie /1/ sind zu beachten.

**Für die Verlängerung der Typenprüfung sind die Zeichnungen und die Berechnungen zu einer erneuten Überprüfung hinsichtlich geänderter Vorschriften oder Richtlinien vorzulegen.**

**TÜV SÜD Industrie Service GmbH  
 Prüfamf für Standsicherheit für die  
 bautechnische Prüfung von Windenergieanlagen**

Der Bearbeiter

Dr.-Ing. R. Eichstädt

Der Leiter

i.V. S. Mayer







Industrie Service

**Mehr Wert.  
Mehr Vertrauen.**

PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE  
BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN

## Prüfbericht für eine Typenprüfung

Datum: 11.10.2022

**Prüfnummer:** 3662285-21-d Rev. 1

**Objekt:** **Prüfung der Standsicherheit - Ankerkorb**  
Windenergieanlagen vom Typ  
Vestas V162-6.8/7.2 MW, EnVentus  
Turm: Stahlrohrturm  
Nabenhöhe: 119 m über GOK  
Windzone S, Erdbebenzone 3  
Entwurfslebensdauer: 20 Jahre

**Prüfgrundlage:** DIBt-Richtlinie 2012

**Hersteller Wind-  
energieanlage:** Vestas Wind Systems A/S  
Hedeager 42  
8200 Aarhus N  
Dänemark

**Statische  
Berechnung:** Vestas Wind Systems A/S  
Hedeager 42  
8200 Aarhus N  
Dänemark

**Auftraggeber:** Vestas Wind Systems A/S  
Hedeager 42  
8200 Aarhus N  
Dänemark

**Geltungsdauer:** bis 20.09.2027

Unsere Zeichen:  
IS-ESW-MUC/BOB

Dokument:  
3662285-21-  
d\_Rev.1\_Vestas\_V162\_6.8-  
7.2MW\_HH119m\_Ankerkorb\_20  
a.docx

Das Dokument besteht aus  
7 Seiten.  
Seite 1 von 7

Die auszugsweise Wiedergabe des  
Dokumentes und die Verwendung  
zu Werbezwecken bedürfen der  
schriftlichen Genehmigung der  
TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Die Prüfergebnisse beziehen  
sich ausschließlich auf die  
untersuchten Prüfgegenstände.

Sitz: München  
Amtsgericht München HRB 96 869  
USt-IdNr. DE129484218  
Informationen gemäß § 2 Abs. 1 DL-InfoV  
unter [www.tuvsud.com/impresum](http://www.tuvsud.com/impresum)

Aufsichtsrat:  
Reiner Block (Vors.)  
Geschäftsführer:  
Ferdinand Neuwieser (Sprecher),  
Thomas Kainz, Simon Kellerer

Telefon: +49 89 5791-3146  
Telefax: +49 89 5791-2956  
[www.tuvsud.com/de-is](http://www.tuvsud.com/de-is)

**TUV**<sup>®</sup>

TÜV SÜD Industrie Service GmbH  
Prüfamt für Standsicherheit für die  
Bautechnische Prüfung von  
Windenergieanlagen  
Westendstraße 199  
80686 München  
Deutschland



Industrie Service

Revision	Datum	Änderungen
0	21.09.2022	Erstfassung
1	11.10.2022	Dokument [3] aktualisiert.

**Inhaltsverzeichnis**

1. Unterlagen ..... 3

1.1. Geprüfte Unterlagen..... 3

1.2. Eingesehene Unterlagen..... 3

2. Prüfgrundlage ..... 3

3. Beschreibung ..... 4

3.1. Baustoffe..... 4

3.2. Lastannahmen ..... 5

4. Prüfumfang ..... 5

5. Prüfbemerkungen..... 5

6. Prüfergebnis..... 6

Auflagen..... 6



Industrie Service

## **1. Unterlagen**

### **1.1. Geprüfte Unterlagen**

Folgende Dokumente, alle von Vestas Wind Systems A/S erstellt, wurden zur Prüfung vorgelegt und mit rundem Prüfstempel versehen:

- [1] Statische Berechnung „Vestas Wind Systems A/S, Flachgründung der WKA - Bemessung, V162 6.80/7.20MW HH119 Mk1B DIBts“, 52 Seiten, Dokument Nr. T04 0129-2798, Rev. 0, vom 12.07.2022
- [2] Zeichnung „V162 6.8/7.2 MW Mk1B HH119 DIBTs“, Dokument Nr. A021-1057, Rev. 2, vom 06.09.2022

### **1.2. Eingesehene Unterlagen**

Folgende Dokumente wurden im Rahmen der Prüfung zusätzlich herangezogen:

- [3] „Combine Foundation Loads – TA27705, EV162-6.8/7.2 MW, EnVentus, WZ2GK2(S), 119 m, 50/60 Hz, GS“, 111 Seiten, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, Dokument Nr. 0125-6120, Rev. 1, vom 26.08.2022
- [4] „Gutachtliche Stellungnahme für Lastannahmen zur Turmberechnung der Vestas Turbinen, Vestas EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW mit 119 m Nabenhöhe, Windzone S, 20 Jahre Entwurfslebensdauer“, erstellt von DNV Energy Systems, 9 Seiten, Dokument Nr. L-08867-A052-1A, Rev. 1, vom 07.09.2022
- [5] Turmzeichnung „TA27705-V162-6.8/7.2 MW NH 119.0, DIBT S (WZ2 GK2)“, 1 Blatt, Zeichnung Nr. A021-0055, Rev. 0, vom 27.05.2022
- [6] „Prüfbericht für eine Typenprüfung – Prüfung der Standsicherheit – Stahlrohrturm TA27705, Windenergieanlage Vestas V162/6.8-7.2 MW, 119 m Nabenhöhe, Windzone S, Erdbebenzone 3, Entwurfslebensdauer: 20 Jahre“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 9 Seiten, Dokument Nr. 3662285-1-d, Rev. 0, vom 21.09.2022
- [7] „Confirmation for application of standard washers for anchor bolts with oversized bolt holes at tower bottom flange of steel towers“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 3 Seiten, Dokument Nr. ST-3574886-1-e, Rev. 0, vom 04.08.2022

## **2. Prüfgrundlage**

Die Prüfung der Unterlagen erfolgte gemäß folgender Richtlinie:

- /1/ „Richtlinie für Windenergieanlagen“, herausgegeben vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt), Ausgabe Oktober 2012, korrigierte Fassung März 2015

Zur Prüfung wurden zusätzlich folgende Normen und Richtlinien herangezogen:

- /2/ DIN EN 1991-1-1:2010 „Eurocode 1: Einwirkung auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke - Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau; Deutsche Fassung EN 1991-1-1:2002 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1991-1-1/NA:2010 + DIN EN 1991-1-1/NA/A1:2015
- /3/ DIN EN 1992-1-1:2011 „Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetonbauwerken –Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010“ + DIN EN 1992-1-1/A1:2015, mit nationalem Anhang DIN EN 1992-1-1/NA:2013 + DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015



Industrie Service

- /4/ DIN EN 1993-1-1:2010 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009“ + DIN EN 1993-1-1/A1:2014, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-1/NA:2015
- /5/ DIN EN 1993-1-8:2010 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen; Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-8/NA:2010
- /6/ DIN EN 1993-1-9:2010 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-9: Ermüdung; Deutsche Fassung EN 1993-1-9:2005 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-9/NA:2010
- /7/ DIN EN 1993-1-10:2010 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung; Deutsche Fassung EN 1993-1-10:2005 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-10/NA:2010.
- /8/ DIN EN 1998-1:2010 „Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten; Deutsche Fassung EN 1998-1:2004 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1998-1/NA:2011
- /9/ DIN 4149:2005 „Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten“
- /10/ DIN EN 1090-2:2018 „Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken; Deutsche Fassung EN 1090-2:2018“
- /11/ DIN EN 14399-4:2015 „Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 4: System HV – Garnituren aus Sechskantschrauben und -muttern; Deutsche Fassung EN 14399-4:2015“.
- /12/ DIN EN 14399-6:2015 „Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 6: Flache Scheiben mit Fase; Deutsche Fassung EN 14399-6:2015“.
- /13/ DAST – Richtlinie 021:2013 “Schraubenverbindungen aus feuerverzinkten Garnituren M 39 bis M 72 entsprechend DIN EN 14399-4, DIN EN 14399-6“

### **3. Beschreibung**

Der Ankerkorb für den Stahlrohrturm der Windenergieanlage Vestas V162-6.8/7.2 MW, EnVentus mit einer Nabenhöhe von 119 m besteht aus einem Lastverteilblech und einer Ankerplatte, welche durch Ankerbolzen verbunden werden. Die Ankerbolzen werden nach der Errichtung des ersten Turmsegments vorgespannt.

Weitere Angaben können der Zeichnung [2] entnommen werden.

#### **3.1. Baustoffe**

Ankerbolzen	M42-10.9 gem. DAST-Richtlinie 021 /13/
Ankerplatte	S355J0 gem. DIN EN 10025
Lastverteilplatte	S355J0 gem. DIN EN 10025



Industrie Service

### 3.2. Lastannahmen

Die dimensionierenden Lasten für das Fundament und den Ankerkorb sind im Fundamentlastdokument [3] angegeben. Diese Lasten wurden mit der gutachtlichen Stellungnahme [4] bestätigt und werden als richtig vorausgesetzt. Die angesetzte Entwurfslebensdauer der Windenergieanlage beträgt 20 Jahre.

Einwirkungen aus Erdbeben sind gemäß Dokument [4] auf Basis der DIN EN 1998-1 /8/ für alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen in Deutschland abgedeckt. Hiermit sind auch alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen nach DIN 4149 /8/ in Deutschland abgedeckt.

Eigengewichte wurden gemäß DIN EN 1991-1-1 /2/ und nach Herstellerangaben berücksichtigt.

### 4. Prüfumfang

Dieser Prüfbericht für eine Typenprüfung umfasst die Prüfung hinsichtlich der Standsicherheit des in Abschnitt 3 beschriebenen Ankerkorbs auf Basis der in Abschnitt 2 genannten Prüfgrundlagen.

Für eine vollständige Typenprüfung sind alle in Dokument /1/, Kapitel 3 im Abschnitt I gelisteten gutachterlichen Stellungnahmen sowie ein zusammenfassender Prüfbescheid zur Typenprüfung erforderlich. Diese können bis spätestens zu Baubeginn der ersten Anlage nachgereicht werden.

Die Überprüfung des Turmfußflansches ist nicht Gegenstand dieses Berichtes.

Abweichungen von den geprüften Unterlagen und Prüfgrundlagen bezüglich Konstruktion, Lasten, Randbedingungen und Ausführung, die Einfluss auf die Standsicherheit haben, sind durch diesen Bericht nicht abgedeckt und erfordern eine Überarbeitung der Berechnung und deren Prüfung.

### 5. Prüfbemerkungen

Die vorgelegten Nachweise wurden durch eigene Vergleichsrechnungen überprüft. Auf Basis der eingereichten Unterlagen und unserer Vergleichsrechnungen können ausreichende Sicherheiten bestätigt werden. Die Zeichnungen wurden auf Übereinstimmung mit den Annahmen der Berechnungen sowie den Vorgaben der in Abschnitt 2 genannten Prüfgrundlagen geprüft.

#### Schnittstellen:

Die Nachweise des Turmfußflansches wurden im Prüfbericht zum Turm [6] bestätigt.

Die Lasteinleitung in Vergussmörtel und Beton des Fundaments wurde exemplarisch für eine vorgegebene Geometrie und Betonfestigkeiten des Fundaments nachgewiesen. Diese Nachweise werden hiermit bestätigt. Der E-Modul des Betons darf demnach nicht kleiner sein als  $E_{cm} = 23,85$  GPa. Die Fundamentgeometrie soll eine ungestörte Lastausbreitung zwischen Lastverteilplatte und Ankerplatte mit einem Ausbreitungswinkel von  $30^\circ$  ermöglichen. Die Betonfestigkeiten wurden folgendermaßen angesetzt:

Beton für Fundament: C35/45 gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/

Beton für Sockel: C50/60 gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/

Vergussmörtel: C80/95 gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/

Für jedes Fundament ist die Gültigkeit dieser Annahmen nachzuweisen bzw. neue Nachweise zu führen.

### **Imperfektionen:**

Die Lasten aus [3] enthalten bereits Effekte aus einer Turmschiefstellung von 3 mm/m sowie aus einer zusätzlichen Schiefstellung infolge der Berücksichtigung statischer Bodenkennwerte in Höhe von 6 mm/m.

### **Schraubenlöcher Turmfußflansch:**

Die Schraubenlöcher im Turmfußflansch sind größer als nach DAST-Richtlinie 021 /13/ vorgegeben. Zur Beurteilung dieser Abweichung wurden weitere Berechnungen von Vestas Wind Systems A/S eingereicht. Mit der Stellungnahme [7] wird bestätigt, dass die Anforderungen nach /4/ bis /6/ in Kombination mit den Scheiben und Muttern nach DAST-Richtlinie 021 /13/ weiterhin erfüllt werden.

### **Revision 1 dieses Prüfberichts:**

Aufgrund von Anpassungen der Drehfeder- und Horizontalfedersteifigkeiten wurde eine neue Revision des Lastdokuments [3] eingereicht. Die Anpassungen haben keinen Einfluss auf die Bemessung des Ankerkorbs.

## **6. Prüfergebnis**

Die Berechnungen und die zugehörigen Konstruktionszeichnungen für den Ankerkorb entsprechen den in Abschnitt 2 genannten Normen und Richtlinien und sind im Wesentlichen vollständig und richtig.

Die Anforderungen an die Tragfähigkeit des Ankerkorbs sind erfüllt, vorausgesetzt, die nachstehenden Auflagen sowie alle Auflagen und Bemerkungen der zugehörigen Prüfberichte und Gutachten werden beachtet bzw. vollzogen.

Die Prüfung der technischen Unterlagen für den Ankerkorb ist hiermit abgeschlossen.

### **Auflagen**

1. Die Lasteinleitung in Vergussmörtel und Beton des Fundamentes ist vom Tragwerksplaner des Fundaments gemäß Abschnitt 5 zu prüfen und zur Prüfung vorzulegen. Eine entsprechende Spaltzugbewehrung ist nachzuweisen.
2. Auf einen ausreichenden Korrosionsschutz für den Ankerkorb ist zu achten.
3. Der Zeitpunkt des Erreichens der erforderlichen Festigkeit des Vergussmörtels und Betons für das Vorspannen der Ankerbolzen ist zu bestimmen und durch fachgerecht, unter Berücksichtigung der standortspezifischen Umgebungsbedingungen gelagerte Proben zu überprüfen und zu dokumentieren. Die Druckfestigkeit des Vergussmörtels muss zum Zeitpunkt des Vorspannens  $\geq 44 \text{ N/mm}^2$  betragen.
4. Die planmäßige Vorspannung der Ankerbolzen ist nach Inbetriebnahme analog den Vorgaben in /1/ (Abschnitt 13.1 Anmerkung 1) zu Ringflanschverbindungen erneut zu kontrollieren und ggf. nachzuspannen.
5. Die Anforderungen an die wiederkehrenden Prüfungen gemäß DIBt-Richtlinie /1/ sind zu beachten.



Industrie Service

**Für die Verlängerung der Typenprüfung sind die Zeichnungen und die Berechnungen zu einer erneuten Überprüfung hinsichtlich geänderter Vorschriften oder Richtlinien vorzulegen.**

**TÜV SÜD Industrie Service GmbH  
Prüfamt für Standsicherheit für die  
bautechnische Prüfung von Windenergieanlagen**

Der Bearbeiter

A handwritten signature in green ink, appearing to be 'B. Ober'.

B. Ober

Der Leiter

A handwritten signature in green ink, appearing to be 'S. Mayer'.

i.V. S. Mayer





Industrie Service

**Mehr Wert.  
Mehr Vertrauen.**

ABTEILUNG WINDENERGIEANLAGEN

## Gutachtliche Stellungnahme

Datum: 19.09.2022

**Prüfnummer:** 2648908-1-d Rev. 1

**Objekt:** Prüfung der Standsicherheit – Podeste und Einbauten  
für Stahlrohrtürme und LDST von Windenergieanlagen Typ  
Vestas

**Hersteller Wind-  
energieanlage:** Vestas Wind Systems A/S  
Hedeager 42  
8200 Aarhus N  
Dänemark

**Statische  
Berechnung:** Vestas Wind Systems A/S  
Hedeager 42  
8200 Aarhus N  
Dänemark

**Auftraggeber:** Vestas Wind Systems A/S  
Hedeager 42  
8200 Aarhus N  
Dänemark

Unsere Zeichen:  
IS-ESW-MUC/CST

Dokument:  
2648908-1-d Rev.1\_Tower  
Internals PuE.docx

Das Dokument besteht aus  
7 Seiten.  
Seite 1 von 7

Die auszugsweise Wiedergabe des  
Dokumentes und die Verwendung  
zu Werbezwecken bedürfen der  
schriftlichen Genehmigung der  
TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Die Prüfergebnisse beziehen  
sich ausschließlich auf die  
untersuchten Prüfgegenstände.

Sitz: München  
Amtsgericht München HRB 96 869  
UST-IdNr. DE129484218  
Informationen gemäß § 2 Abs. 1 DL-InfoV  
unter [www.tuvsud.com/impressum](http://www.tuvsud.com/impressum)

Aufsichtsrat:  
Reiner Block (Vors.)  
Geschäftsführer:  
Ferdinand Neuwieser (Sprecher),  
Thomas Kainz, Simon Kellerer

Telefon: +49 89 5791-3146  
Telefax: +49 89 5791-2956  
[www.tuvsud.com/de-is](http://www.tuvsud.com/de-is)



TÜV SÜD Industrie Service GmbH  
Energie und Systeme  
Windenergie  
Windenergieanlagen  
Westendstraße 199  
80686 München  
Deutschland



Industrie Service

Revision	Datum	Änderungen
0	03.04.2017	Erstfassung
1	19.09.2022	Redaktionelle Änderungen. Entfall der Gültigkeitsbegrenzung.

**Inhaltsverzeichnis**

1. Unterlagen ..... 3

1.1. Geprüfte Unterlagen..... 3

1.2. Eingesehene Unterlagen..... 3

2. Prüfgrundlage ..... 3

3. Beschreibung ..... 4

3.1. Baustoffe..... 4

3.2. Lastannahmen ..... 5

4. Prüfumfang ..... 5

5. Prüfbemerkungen..... 6

6. Prüfergebnis..... 6

Auflagen..... 7

## **1. Unterlagen**

### **1.1. Geprüfte Unterlagen**

Folgende Dokumente, sofern nicht anders angegeben von Vestas Wind Systems A/S erstellt, wurden zur Prüfung vorgelegt:

- [1] „Main principles internals LDST“, 2 Seiten,  
Dokument Nr.: 0065-6173, Rev. 02, Datum 2017-03-31
- [2] „Structural Design of Internals, Tubular steel towers, Vestas Modular Towers, Tower diameter up to 4.20 m“, 20 Seiten  
Dokument Nr.: 0001-4114, Rev. 05, Datum 2017-03-28
- [3] „Structural Design of Internals, Large diameter steel towers, LDST, Steel tower diameters 4.20 - 6.50 m“, 21 Seiten,  
Dokument Nr.: 0062-5835, Rev. 02, Datum 2017-03-28

### **1.2. Eingesehene Unterlagen**

Folgende Dokumente, sofern nicht anders angegeben von Vestas Wind Systems A/S erstellt, wurden als Grundlage zur Prüfung herangezogen:

- [4] „General rules for Internals, Large Diameter Steel Towers (LDST)“, 9 Seiten,  
Dokument Nr.: 0062-5084, Rev. 01, kein Datum
- [5] „Technical purchase specification - Aluminium platforms“, 18 Seiten,  
Dokument Nr.: 0062-5290, Rev. 01, Datum 2015-05-11
- [6] „EC-Type Approval Certificate - PPE against fall from a height, Anchor Device EN 795 A/B - SÖLL EYE ANCHOR“, erstellt von TÜV SÜD Product Service GmbH, 2 Seiten,  
Dokument Nr.: P5 09 12 69922 004, Rev. 00, Datum 2010-01-11

## **2. Prüfgrundlage**

Die Prüfung der Unterlagen erfolgte gemäß folgender Normen und Richtlinien:

- /1/ DIN EN 1090-2:2011 „Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken; Deutsche Fassung EN 1090-2:2008 + A1:2011“
- /2/ DIN EN 1990:2010 „Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010“, mit nationalem Anhang DIN EN 1990/NA:2010
- /3/ DIN EN 1991-1-1:2010 „Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau; Deutsche Fassung EN 1991-1-1:2002 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1991-1-1/NA:2010
- /4/ DIN EN 1993-1-1:2010 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-1/NA:2010
- /5/ DIN EN 1993-1-3:2010 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-3: Allgemeine Regeln – Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche; Deutsche Fassung EN 1993-1-3:2006 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-3/NA:2010

- /6/ DIN EN 1993-1-8:2010 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen; Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-8/NA:2010
- /7/ DIN EN 1993-1-10:2010 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung; Deutsche Fassung EN 1993-1-10:2005 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-10/NA:2010
- /8/ EN 1999-1-1:2007 + A1:2009 + A2:2013 “Eurocode 9: Design of aluminium structures – Part 1-1: General structural rules”

Zur Prüfung wurden zusätzlich folgende Normen und Richtlinien herangezogen:

- /9/ DIN EN 50308:2005 „Windenergieanlagen - Schutzmaßnahmen – Anforderungen für Konstruktion, Betrieb und Wartung; Deutsche Fassung EN 50308:2004“
- /10/ DIN EN ISO 14122-2:2016 „Sicherheit von Maschinen – Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen – Teil 2: Arbeitsbühnen und Laufstege (ISO 14122-2:2016); Deutsche Fassung EN ISO 14122-2:2016“
- /11/ DIN EN 353-1:2014 „Persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz – Mitlaufende Auffanggeräte einschließlich einer Führung – Teil 1: Mitlaufende Auffanggeräte einschließlich fester Führung; Deutsche Fassung EN 353-1“

### **3. Beschreibung**

#### **Podeste:**

Die Podeste werden in zwei Gruppen gegliedert:

- Innenpodeste bis zu einem Turmdurchmesser von 4,20 m
- Innenpodeste mit einem Turmdurchmesser von 4,20 m bis 6,50 m (LDST).

Bei beiden Gruppen gibt es die Ausführung der Podeste mit zwei zu U-Trägern gebogenen Aluminiumblechen, die zwischen den Rechteck- und Kreissegmenten platziert werden.

Bei den Innenpodesten bis zu einem Turmdurchmesser von 4,20 m gibt es eine zusätzliche Variante ohne U-Träger. Hierbei wird das Podest lediglich aus Rechteck- und Kreissegmenten gebildet.

Grundsätzlich werden alle Elemente der Innenpodeste untereinander verschraubt.

Die Innenpodeste sind folgendermaßen angelegt:

- Tränenblech  $t = 5/7$  mm, gekantet zu einzelnen Podestsegmenten und mit Laschen an der Turmwand bzw. mit Aufhängern am Flansch befestigt
- Stahllasche, direkt verschweißt mit der Turmwand (Auflagerlaschen der Podeste)
- Aufhänger  $\varnothing 16$  mm mit Sacklochverbindung im Flansch und angeschraubt an Podestbleche (hängende Lagerung der Podeste)

Alle Podeste werden mit einer Durchstiegsklappe an der Leiter ausgeführt. Die Podeste oberhalb des Lifteinstiegs und einschließlich Liftausstieg weisen eine Öffnung für den Lift auf.

### Liftraverse:

Die WEA erhält eine Liftanlage. Die Liftraverse ist ein T-Profil T140 oder alternativ ein geschweißtes T-Profil mit denselben Querschnittswerten und wird unmittelbar an die Turmwandung angeschweißt.

### Leiter:

Die Leiter wird zur Vertikallastabtragung an jedem Podest mittels Leiterbügel befestigt. Zur horizontalen Lastabtragung wird die Leiter mit magnetischen Halterungen an der Turmwandung befestigt.

### Geländer:

Die Geländer bestehen aus einer Pfosten-Riegel-Konstruktion mit Aluminium-Rechteckhohlprofilen für die Turmeinbauten bis zu einem Durchmesser von 4,20 m.

Für die Geländer in den LDST-Türmen werden Aluminium-Rechteckhohlprofile eingesetzt und die Enden der Konstruktion werden mittels magnetischer Halterungen an der Turmwandung befestigt.

### 3.1. Baustoffe

Belagbleche	EN AW 5754 H114 - DIN EN 1386
Blech für Leiter an Plattform	EN AW 6082 T6 - DIN EN 573-3
Verstärkungen, Geländer	EN AW 6060 T6 - DIN EN 573-3
Laschen, Leiterbügel	S235JR - DIN EN 10025
Liftraverse und Aufhänger	S355J0 - DIN EN 10025
Schrauben (Stahlbau)	Festigkeitsklasse 8.8 - DIN EN 14399-4 und DIN EN 14399-6

### 3.2. Lastannahmen

Die Lasten auf die Innenpodeste werden nach DIN EN ISO 14122-2 /10/ angesetzt:

- Einzellast 1,5 kN an ungünstigster Stelle
- Flächenlast 2,0 kN/m<sup>2</sup>
- Zusatzlasten siehe Lastansatz Statik

Für die Anschlagpunkte zur Absturzsicherung werden Einzellasten von 22 kN berücksichtigt.

Die Lasten für die Liftraverse wurden entsprechend den Lasttabellen des Herstellers in [2] angesetzt.

Für die Podestgeländer wurden folgende Lasten in [2] angesetzt:

- Holmlast von 0,30 kN/m

Die Lasten auf die Steigleitern werden nach DIN EN 50308 /9/ und DIN EN 353-1 /11/ angesetzt:

- Abweichend von /9/, zwei Einzellasten von je 1,5 kN im Leitersegment
- Fanglastfall 6 kN nach /9/ (15 kN statische Belastung nach /11/, die aus einer maximalen Auffangkraft von 6 kN entsteht)

Eigengewichte wurden gemäß DIN EN 1991-1-1 /1/ und nach Herstellerangaben berücksichtigt.

#### **4. Umfang der Prüfung**

Diese gutachtliche Stellungnahme umfasst die Prüfung hinsichtlich der Tragfähigkeit der in Abschnitt 3 beschriebenen Einbauten auf Basis der in Abschnitt 2 genannten Prüfgrundlagen.

Weitere Prüfungen wie die des Stahlturms oder des Sicherheitskonzepts gemäß DIN EN 50308 /9/ sind nicht Gegenstand dieses Berichtes. Auch Flucht- und Zugangswege sowie Durchgänge sind nicht Bestandteil dieser Prüfung. Die Besteigeeinrichtungen (d.h. Leitern mit Absturzsicherungssystem und Treppen) und der Servicelift sind nicht Gegenstand dieser Prüfung.

Abweichungen von den geprüften Unterlagen und Prüfgrundlagen bezüglich Konstruktion und Lastannahmen, die Einfluss auf die Standsicherheit haben, sind durch diesen Bericht nicht abgedeckt und erfordern eine Überarbeitung der Berechnung und eine erneute Prüfung.

#### **5. Prüfbemerkungen**

Die vorgelegten Nachweise wurden durch eigene Vergleichsrechnungen überprüft. Auf Basis der eingereichten Unterlagen und unserer Vergleichsrechnungen können ausreichende Sicherheiten bestätigt werden. Die Zeichnungen wurden auf Übereinstimmung mit den Annahmen der Berechnungen sowie den Vorgaben der in Abschnitt 2 genannten Prüfgrundlagen geprüft.

#### **Zertifizierte Produkte:**

Für den Lift, die Steigleiter sowie die PSA-Anschlagpunkte sind jeweils für den Anwendungszweck geeignete und zugelassene Produkte zu verwenden.

#### **6. Gutachtliche Stellungnahme**

Die Berechnungen entsprechen den in Abschnitt 2 genannten Normen und Richtlinien und sind im Wesentlichen vollständig und richtig.

Die Anforderungen an die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit der Turmeinbauten für Stahlrohrtürme der Firma Vestas mit einem Durchmesser bis zu 4,20 m und LDST-Türme („Large diameter steel tower“) mit einem Durchmesser zwischen 4,20 und 6,50 m sind erfüllt, vorausgesetzt, die nachstehenden Auflagen sowie alle Auflagen und Bemerkungen der zugehörigen Prüfberichte und Gutachten werden beachtet bzw. vollzogen.

Die Prüfung der technischen Unterlagen ist hiermit abgeschlossen.

### Auflagen

1. Nach großen Lasteinwirkungen auf einzelne Bauteile (Fangfall des eingebauten Aufzugs, der Leiter und Absturzsicherungen) sind diese visuell auf einwandfreien Zustand zu prüfen.
2. Die Anschlusspunkte aller an die Turmwandung angeschweißten Teile (z.B. Laschen oder Besteigeeinrichtungen) müssen mindestens der in der Turmzeichnung angegebenen Kerbfallklasse entsprechen.
3. Es wurden für die Podeste abweichend von DIN EN 1991-1-1 /3/ reduzierte Nutzlasten gemäß DIN EN ISO 14122-2 /10/ angesetzt. Es ist sicherzustellen, dass alle Personen, die die Anlage betreten, Kenntnis von den maximal zulässigen Belastungen der Podeste haben.
4. Gemäß der statischen Berechnung [2] wird die Personenanzahl je Leitersegment auf zwei Personen beschränkt. Es ist sicherzustellen, dass alle Personen, die die Anlage betreten, Kenntnis von den maximal zulässigen Belastungen der Leiter haben.

**TÜV SÜD Industrie Service GmbH**

**Abteilung Windenergieanlagen**

Der Leiter



S. Mayer

Der Sachverständige



C. Stiglmeier





VESTAS ENVENTUS V162-6.8 / 7.2 MW MIT 119 M NABENHÖHE,  
WINDZONE S, 20 JAHRE ENTWURFSLEBENSDAUER

# Gutachtliche Stellungnahme für Lastannahmen zur Turmberechnung der Vestas Turbinen

Vestas Wind Systems A/S

Report No.: L-08867-A052-1A

Date: 2022-09-07





Projektname: Vestas EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW mit 119 m DNV Energy Systems  
 Nabenhöhe, Renewables Certification  
 Windzone S, 20 Jahre Entwurfslebensdauer Germanischer Lloyd Industrial  
 Titel: Gutachtliche Stellungnahme für Lastannahmen zur Services GmbH  
 Turmberechnung der Vestas Turbinen Brooktorkai 18  
 Kunde: Vestas Wind Systems A/S, Hedeager 42, 8200 Aarhus N 20457 Hamburg  
 Kontaktperson: Shereef Kather Germany  
 Erstellungsdatum: 2022-09-07 Tel.: +49 40 36149-0  
 Projekt - Nr.: 10367766  
 Bericht - Nr.: L-08867-A052-1A  
 Geltender Vertrag für diesen Bericht: 233187-SFA-20220613

## Objective:

Gutachterliche Stellungnahme für Lastannahmen zur Turmberechnung der Vestas EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW mit 119 m Nabenhöhe (Entwurfslebensdauer 20 Jahre) für Windzone S.

Der gegebene Turmname ist TA27705.

Erstellt von:

Trine Bjerre Pedersen  
Gutachterin

Geprüft von:

Mark Wollenberg  
Projektleiter

Copyright © DNV 2022. All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited.

## DNV Distribution:

- Uneingeschränkter Verteiler (intern und extern)  
 Uneingeschränkter Verteiler innerhalb DNV GL  
 VERTRAULICH. Vertrieb innerhalb von DNV gemäß geltendem Vertrag.\*  
 Geheim. Nur autorisierter Zugriff.

\* Verteilung angeben: DNV Renewables Certification

## Schlüsselwörter:

Vestas EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW, DIBt-Richtlinie: 2012-10, Lastannahmen

Rev. No.	Datum	Grund für Herausgabe	Erstellt von	Geprüft von
0	2022-07-08	Erste Ausgabe	GREU	MARWOL
1	2022-09-07	Fundament last dokument aktualisiert und turmzeichnung hinzugefügt	TRINEP	MARWOL



## Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG .....	1
2	ZERTIFIZIERUNGSSCHEMA (NORMEN UND RICHTLINIEN) .....	1
3	PRÜFUNTERLAGEN .....	1
4	BEWERTUNGSGRUNDLAGEN .....	1
5	PRÜFBEMERKUNGEN FÜR DIE LASTANNAHMEN .....	2
6	SCHLUSSBEMERKUNG .....	3

Anlage A PRÜFUNTERLAGEN



## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Die aufgeführten Lastannahmen werden für die Windenergieanlagen EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW der Firma Vestas mit einer Nabenhöhe von 119 m, für DIBt S angenommen.

Die Richtigkeit der vorgelegten Lasten, sowie die Übereinstimmung der Lasten mit den Anforderungen der DIBt "Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung", Fassung Oktober 2012 wurden anhand von Plausibilitätsprüfungen unter Berücksichtigung der dimensionierenden Eingangsdaten geprüft und soweit vorliegend bestätigt.

## 2 ZERTIFIZIERUNGSSHEMA (NORMEN UND RICHTLINIEN)

Document No.	Title
DIBt-Richtlinie: 2012-10	Richtlinie für Windenergieanlagen Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung

## 3 PRÜFUNTERLAGEN

Die Unterlagen für die Windenergieanlage EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW mit 119 m Nabenhöhe der Firma Vestas sind in Anlage 1 aufgeführt.

## 4 BEWERTUNGSGRUNDLAGEN

### 4.1 Umweltbedingungen für die Lastannahmen

Die Windbedingungen der Vestas EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW Turbinen mit 119 m Nabenhöhe sind entsprechend der Windklasse S gemäß DIBt 2012 angesetzt.

	EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW mit 119 m Nabenhöhe TA27705 DIBt S
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe	7,6 m/s
Weibull k-Parameter	2
50-Jahres-Wind, Vm50 (10 min) in Nabenhöhe	39,50 m/s
1-Jahres-Wind, Vm1 (10 min) in Nabenhöhe	31,60 m/s
Luftdichte	1,24 kg/m <sup>3</sup>
Geländeneigung	8°
Geländerauigkeitsexponent (normale Bedingungen)	0,25
Geländerauigkeitsexponent (extreme Bedingungen)	0,11
Umgebungsturbulenzintensität nach IEC 61400-1 für NTM	Siehe Tabelle 1
Umgebungsturbulenzintensität I <sub>ref</sub> nach IEC 61400-1 für ETM	0,16
Lastsicherheitsbeiwert für DLC8.1 (Sicherheitsklasse S)	$\gamma_F = 1,35$
Erdbebenzone	Erdbebenzone 3; Bedeutungskategorie II, Baugrundklassen A, B, C mit den geologischen Untergrundklassen R, T, S nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 Tabelle NA.4

Wind Geschwindigkeit [m/s]	NTM Fatigue [-]	NTM Extreme [-]
2	0,595	0,462
4	0,360	0,280
6	0,307	0,219
8	0,265	0,189
10	0,229	0,170
12	0,187	0,158



14	0,160	0,150
16	0,149	0,143
18	0,142	0,138
20	0,137	0,134
22	0,135	0,131
24	0,131	0,128
26	0,128	0,126
28	0,126	0,124
30	0,125	0,122
32	0,123	0,120
34	0,122	0,119
36	0,120	0,118
41	0,118	0,115

**Tabelle 1 Turbulenzintensität für NTM.**

Der Einfluss der Turbulenzintensität aufgrund der Nachlaufströmung benachbarter Anlagen ist in den o.g. Angaben nicht berücksichtigt.

## 4.2 Anlagedaten für die Lastannahmen

	EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW mit 119 m Nabenhöhe TA27705
	DIBt S
Nennleistung	6,8 MW / 7,2 MW
Rotordurchmesser	162 m
Einschaltgeschwindigkeit	3,0 m/s
Nennwindgeschwindigkeit	11,0 m/s / 11,4 m/s
Abschaltgeschwindigkeit	25,0 m/s
Nennrotordrehzahl	9,18 rpm / 9,57 rpm
Nabenhöhe	119 m
Stahl Turm mit nomineller 1. Biegeeigenfrequenz	0,182 Hz
Rechnerische Lebensdauer	20 Jahre
Version des Reglers	2022.01

## 4.3 Gültigkeit für die Lastannahmen

Eigenfrequenzbereich des Turmes	von 0,173 Hz bis 0,191 Hz
Dynamischen Drehfedersteifigkeit des Gesamtsystems aus Boden und Fundament	≥ 66 GNm/rad, siehe Tabelle 5.1 in Dokument [5]
Mindestabständen von Windturbinen zu einander, solange die folgenden Bedingungen laut Kapitel 7.3.3 der DIBt-Richtlinie erfüllt sind.	Der Abstand der Turmachsen benachbarter Windenergieanlagen darf den 8-fachen Rotor-durchmesser für $V_{m50} \leq 40$ m/s auf Nabenhöhe nicht unterschreiten Der Abstand der Turmachsen benachbarter Windenergieanlagen darf den 5-fachen Rotor-durchmesser für $V_{m50} \geq 45$ m/s auf Nabenhöhe nicht unterschreiten. Zwischenwerte von $V_{m50}$ ist der Abstand linear zu interpolieren.

## 5 PRÜFBEMERKUNGEN FÜR DIE LASTANNAHMEN

Extremlastfälle:

Die Übereinstimmung der Extremlastfälle wurde mit der DIBt-Richtlinie „Richtlinie für Windenergieanlagen: Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“; Oktober 2012 bei Anwendung standortspezifischer Windbedingungen geprüft. Die Extremlasten sind in den Vestas Wind System A/S Berichten gemäß DIBt-Richtlinie einschließlich Lastsicherheitsbeiwerten aufgeführt.

Erdbebenlasten wurden nach DIN EN 1998-1/2010-10 und NA/2011-01 für die Untergrundverhältnisse nach Tabelle NA.4 im nationalen Anhang zur DIN EN 1998-1 berechnet und geprüft.



Betriebfestigkeit:

Die Lastannahmen für den Betriebsfestigkeitsnachweis basieren auf die DIBt-Richtlinie: „Richtlinie für Windenergieanlagen; Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“; Fassung Oktober 2012. Die Lastkollektive wurden mit dem Vestas Turbinen Simulator (VTS), Version VTS002, des aeroelastischen PC-Programmes Flex5 berechnet und für den Turmkopf, den Turmfuß sowie für unterschiedliche Turmschnitte angegeben. Die Fundamentlasten sind gesondert im Dokument [5] aufgeführt.

Die Berechnung der Betriebfestigkeitslasten wurde unter Berücksichtigung eines dreidimensionalen Turbulenzfeldes durchgeführt.

## 5.1 OFFENE PUNKTE

-

## 6 SCHLUSSBEMERKUNG

Die aufgeführten Lastannahmen werden für die Windenergieanlagen EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW der Firma Vestas mit einer Nabhöhe von 119 m, für DIBt S angenommen.

Wirbelerregte Querschwingungen auf die Turmlasten wurden nicht berücksichtigt. Einwirkungen daraus sollten bei der Turmauslegung betrachtet werden. Das Inbetriebnahmehandbuch muss die Verhinderung unzulässiger Turmschwingungen, wie von Vestas definiert, beschreiben. Die Transportlasten wurden nicht berücksichtigt.

Erdbebenlasten wurden nach DIN EN 1998-1/2010-10 und NA/2011-01 berechnet und geprüft, siehe Abschnitt 4.1 (Umweltbedingungen).

Es wurden keine Ride-Through Lastfälle (Stützung der Netzspannung durch Windenergieanlagen bei Netzstörung) bei Spannungsabfall definiert oder berechnet. Ride-Through Lastfälle bei Spannungsabfall sind nicht Bestandteil dieses Gutachtens.

Die Lasten sind gültig für die in Abschnitt 4 sowie im folgenden gelisteten Bedingungen:

- die aufgeführten Windgeschwindigkeiten in Abschnitt 4.1 müssen die Windgeschwindigkeiten gemäß DIN EN1991-1-4/NA abdecken.
- Dass sich das Lastniveau bei gleichen externen Bedingungen nach dem Typenzertifizierungsprozess (Validierung der Lastannahmen durch Lastmessungen) nicht erhöht.

Die Richtigkeit der vorgelegten Lasten, sowie die Übereinstimmung der Lasten mit den Anforderungen der DIBt "Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung", Fassung Oktober 2012 wurden anhand von Plausibilitätsprüfungen unter Berücksichtigung der dimensionierenden Eingangsdaten geprüft und soweit vorliegend bestätigt.



## ANLAGE A

### PRÜFUNTERLAGEN

### Prüfung der Vestas EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW mit 119 m Nabenhöhe, Windzone S

#### Beschreibung der geprüften EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW Windenergieanlage

Die EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW ist eine mit Getriebe und Dauermagnet Synchrongenerator ausgestattete, pitch geregelte, luv seitig angeströmte Windenergieanlage, mit variabler Rotorgeschwindigkeit. Die EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW unterstützt 2 Leistungslevel, 6,8 MW und 7,2 MW. Die hier geprüfte Variante hat einen Stahl Turm mit einer Nabenhöhe von 119m. Die Lasten wurden nach DIBt Klasse S geprüft.

#### Schnittstelle zu anderen Gewerken:

-

#### Basis der Prüfung

Angewandte Normen und Richtlinien:

Document No.	Revision	Title
[1] DIBt	2012	Richtlinie für Windenergieanlagen

Die Prüfung der Lasten basiert auf:

Document No.	Revision	Title
[2] 0086-8845	06	IEC 61400-1 and DIBt 2012 Vestas design load case interpretations - Generic document

#### Prüfunterlagen

Liste der Dokumente:

Dokumenten Nr.	Revision	Titel
[3] 0125-3930	00	Combine Load Spectrum (14 Seiten) EV162-6.8/7.2MW, EnVentus, WZ3GK2(S), 119m, 50/60Hz, GS
[4] 0125-6113	00	Combine Tower Loads (23 Seiten) – TA27705, EV162-6.8/7.2MW, Mk1B, WZ2GK2(S), 119m, 50/60Hz, GS
[5] 0125-6120	01	Combine Foundation Loads (111 Seiten) – TA27705, EV162-6.8/7.2MW, Mk1B, WZ2GK2(S), 119m, 50/60Hz, GS

Zeichnungen (informativ):

Dokumenten Nr.	Revision	Titel
A021-0055	0	TA27705-V162-6.8/7.2 MW NH119.0 DIBT S (WZ2 GK2)



## Referenzdokumente (informativ):

<b>Dokumenten Nr.</b>	<b>Revision</b>	<b>Titel</b>
[6] 0106-8091	01	Design Basis Enventus MK1B/C
[7] 0125-9074	01	Installation and Maintenance Loads – TA27705, EV162-6.8/7.2MW, Mk1B, WZ2GK2(S), 119m, 50/60Hz, GS
[8] 0126-0280	00	Load Extrapolation – TA27705, EV162-6.8/7.2MW, Mk1B, HH119m
[9] 0112-2952	01	Turbine Configurations & Operational Properties – EnVentus MK1B/C



## About DNV

DNV is the independent expert in risk management and assurance, operating in more than 100 countries. Through its broad experience and deep expertise DNV advances safety and sustainable performance, sets industry benchmarks, and inspires and invents solutions.

Whether assessing a new ship design, optimizing the performance of a wind farm, analyzing sensor data from a gas pipeline or certifying a food company's supply chain, DNV enables its customers and their stakeholders to make critical decisions with confidence.

Driven by its purpose, to safeguard life, property, and the environment, DNV helps tackle the challenges and global transformations facing its customers and the world today and is a trusted voice for many of the world's most successful and forward-thinking companies.





Vestas EnVentus V162

# MASCHINENGUTACHTEN DER WINDENERGIEANLAGE V162-6.8 / V162-7.2 MW

DER FIRMA VESTAS WIND SYSTEMS A/S

**Report No.:** M-10048-0

**Date:** 2023-08-11





Projektname:	Vestas EnVentus V162	DNV Energy Systems
Berichtstitel:	MASCHINENGUTACHTEN DER WINDENERGIEANLAGE V162-6.8 / V162-7.2 MW DER FIRMA VESTAS WIND SYSTEMS A/S	Renewables Certification DNV Denmark A/S Tuborg Parkvej 8, 2nd Floor 2900 Hellerup Denmark
Kunde:	Vestas Wind Systems A/S Hedeager 42 8200 Århus Denmark	
Kontaktperson:	Shereef Kather	
Datum:	2023-08-15	
Projektnummer:	10367766	
Berichtsnummer:	M-10048-0	

Applicable contract(s) governing the provision of this Report:  
233187-SFA-20220613

Ziel:

Gutachterliche Stellungnahme für die Prüfung der Vestas V162-6.8 MW und V162-7.2 MW mit Stahlurm 119 m Nabenhöhe sowie Hybrid-betonturm 169 m Nabenhöhe bzgl. der Rotorblätter, der maschinenbaulichen Komponenten einschl. der Verkleidung von Maschinenhaus und Nabe, der Sicherheitseinrichtungen (Sicherheitsgutachten), der elektrotechnischen Komponenten und des Blitzschutzes sowie Bedienungsanleitung, Inbetriebnahmeprotokoll (Vordruck) und Wartungspflichtenbuch.

Im Auftrag der DNV Renewables Certification erstellt und überprüft:

Erstellt von: Mark Wollenberg Gutachter	<i>Mark Wollenberg</i> 2023.08.15 15:15:41 +02'00'	Geprüft von: Matthias-Klaus Schwarz Chefingenieur	<i>M.-K. Schwarz</i> Digitally signed by Matthias- Klaus Schwarz Date: 2023.08.15 16:32:34 +02'00'
---	---	---	---

Copyright © DNV 2023. Alle Rechte vorbehalten. Sofern nicht anders schriftlich vereinbart: (i) Diese Publikation oder Teile davon dürfen nicht in irgendeiner Form oder mit irgendwelchen Mitteln, weder digital noch anderweitig, kopiert, reproduziert oder übertragen werden; (ii) Der Inhalt dieser Publikation ist vom Kunden vertraulich zu behandeln; (iii) kein Dritter darf sich auf ihren Inhalt verlassen; und (iv) DNV übernimmt keine Sorgfaltspflicht gegenüber Dritten. Ein Verweis auf einen Teil dieser Publikation, der zu Fehlinterpretationen führen kann, ist untersagt

<p>DNV Verteiler:</p> <p><input type="checkbox"/> OFFEN. Unbeschränkte Verteilung, intern und extern.</p> <p><input type="checkbox"/> ausschließlich INTERNE Verwendung. Internes DNV Dokument.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> VERTRAULICH. Beschränkte /unbeschränkte Verteilung innerhalb von DNV und Vertragsparteien, wie erforderlich.*</p> <p><input type="checkbox"/> STRENG VERTRAULICH. Nur autorisierter Zugriff.</p> <p>* Verteiler: DNV Renewables Certification</p>	<p>Keywords:</p> <p>Vestas EnVentus V162-6.8/7.2 MW Mk1, DIBt-Richtlinie: 2012-10, Maschinengutachten</p>
--	---

Rev. Nr.	Datum	Grund für Herausgabe	Erstellt von	Geprüft von
0	2023-08-15	Erste Ausgabe	Mark Wollenberg	Matthias-Klaus Schwarz



## Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG .....	7
2	PRÜFUNGSGRUNDLAGEN .....	8
2.1	Normen und Richtlinien	8
3	ANLAGEDATEN UND UMWELTBEDINGUNGEN .....	9
3.1	Dokumente	9
4	LASTANNAHMEN .....	10
4.1	Dokumente	10
4.2	Prüfbemerkungen	10
5	STEUER- UND SICHERHEITSSYSTEM .....	11
5.1	Dokumente	11
5.2	Prüfbemerkungen	11
6	ELEKTRISCHE ANLAGEN EINSCHL. BLITZSCHUTZ .....	12
6.1	Dokumente	12
6.2	Prüfbemerkungen	12
7	KLIMAAANLAGEN UND KÜHLERSTRUKTUR EINSCHL. VERBINDUNGEN KÜHLERSTRUKTUR EINSCHL. VERBINDUNGEN KÜHLERSTRUKTUR .....	13
7.1	Dokumente	13
7.2	Prüfbemerkungen	13
8	ROTORBLATT .....	14
8.1	Dokumente	14
8.2	Prüfbemerkungen	14
9	NABE EINSCHL. VERBINDUNGEN DER NABE MIT BLATTLAGER UND BLATT SOWIE MIT DER HAUPTWELLE .....	15
9.1	Dokumente	15
9.2	Prüfbemerkungen	15
10	BLATTLAGER UND -VERSTELLSYSTEM .....	16
10.1	Dokumente	16
10.2	Prüfbemerkungen	16
11	MASCHINENTRÄGER, HAUPTLAGERGEHÄUSE UND HAUPTWELLE INKL. VERBINDUNGERN FÜR MASCHINENTRÄGER UND LAGERGEHÄUSE, LAGERGEHÄUSE UND ADAPTERFLANSCH, MASCHINENTRÄGER UND TRANSFORMATORTRÄGERSTRUKTUR UND HAUPTWELLE UND BLOCKERRING SOWIE ROTORARRETIERUNG .....	17
11.1	Dokumente	17
11.2	Prüfbemerkungen	17
12	HAUPTLAGER .....	18
12.1	Dokumente	18
12.2	Prüfbemerkungen	18
13	VERBINDUNG VON HAUPTWELLE ZUM GETRIEBE .....	19
13.1	Dokumente	19
13.2	Prüfbemerkungen	19



14	HAUPTGETRIEBE INKL. SCHMIERSYSTEM UND VERBINDUNG ZUM GENERATOR UND ADD-SOUNDSYSTEM.....	20
14.1	Dokumente	20
14.2	Prüfbemerkungen	20
15	ANTRIEBSDYNAMIK.....	21
15.1	Dokumente	21
15.2	Prüfbemerkungen	21
16	MECHANISCHE BREMSE.....	22
16.1	Dokumente	22
16.2	Prüfbemerkungen	22
17	GONDELINNENTEILE (ZUGANG, EVAKUIERUNG, RETTUNGS- UND FLUCHTWEGE, SICHERHEITSAUSRÜSTUNG).....	23
17.1	Dokumente	23
17.2	Prüfbemerkungen	23
18	SPINNERABDECKUNG INKL. VERBINDUNGEN ZU NABE .....	24
18.1	Dokumente	24
18.2	Prüfbemerkungen	24
19	MASCHINENHAUSVERKLEIDUNG UND SEITLICHER ANBAU .....	25
19.1	Dokumente	25
19.2	Prüfbemerkungen	25
20	SYSTEM ZUR GONDELNACHFÜHRUNG EINSCHL. TURMVERBINDUNG .....	26
20.1	Dokumente	26
20.2	Prüfbemerkungen	26
21	TURMKOPFFLANSCH .....	27
21.1	Dokumente	27
21.2	Prüfbemerkungen	27
22	BEDIENUNGSANLEITUNG UND WARTUNGSPFLICHTENBUCH .....	28
22.1	Dokumente	28
22.2	Prüfbemerkungen	28
23	SCHLUSSBEMERKUNG .....	29

## Liste der Anhänge

ANLAGE A - WINDENERGIEANLAGENSPEZIFIKATION

ANLAGE B - INBETRIEBNAHME PROTOKOLL (VORLAGE)

ANLAGE C - BEDIENUNGSANLEITUNG

ANLAGE D - WARTUNGSPFLICHTENHEFT (SIF)

ANLAGE E - AUFLISTUNG ALLER EINGEREICHTEN UND GEPRÜFTEN BERECHNUNGEN,  
ZEICHNUNGEN UND SPEZIFIKATIONEN DER LASTANNAHMEN



ANLAGE F - AUFLISTUNG ALLER EINGEREICHTEN UND GEPRÜFTEN BERECHNUNGEN,  
ZEICHNUNGEN UND SPEZIFIKATIONEN DES STEUER- UND SICHERHEITSSYSTEMS

ANLAGE G - AUFLISTUNG ALLER EINGEREICHTEN UND GEPRÜFTEN BERECHNUNGEN,  
ZEICHNUNGEN UND SPEZIFIKATIONEN DER ELEKTRISCHEN ANLAGEN EINSCHL.  
BLITZSCHUTZ

ANLAGE H - AUFLISTUNG ALLER EINGEREICHTEN UND GEPRÜFTEN BERECHNUNGEN,  
ZEICHNUNGEN UND SPEZIFIKATIONEN DER KLIMAAANLAGEN INKL.  
KÜHLERSTRUKTUR

ANLAGE I - AUFLISTUNG ALLER EINGEREICHTEN UND GEPRÜFTEN BERECHNUNGEN,  
ZEICHNUNGEN UND SPEZIFIKATIONEN DER ROTORBLÄTTER

ANLAGE J - AUFLISTUNG ALLER EINGEREICHTEN UND GEPRÜFTEN BERECHNUNGEN,  
ZEICHNUNGEN UND SPEZIFIKATIONEN DER NABE EINSCHL. VERBINDUNGEN DER  
NABE MIT BLATTLAGER UND BLATT SOWIE MIT DER HAUPTWELLE

ANLAGE K - AUFLISTUNG ALLER EINGEREICHTEN UND GEPRÜFTEN BERECHNUNGEN,  
ZEICHNUNGEN UND SPEZIFIKATIONEN DER BLATTLAGER UND -VERSTELLSYSTEM

ANLAGE L - AUFLISTUNG ALLER EINGEREICHTEN UND GEPRÜFTEN BERECHNUNGEN,  
ZEICHNUNGEN UND SPEZIFIKATIONEN DER MASCHINENTRÄGER UND  
HAUPTLAGERGEHÄUSE INKL. VERBINDUNGEN VON GETRIEBE UND LAGERGEHÄUSE  
UND GETRIEBE UND HAUPTWELLE SOWIE ROTORARRETIERUNG

ANLAGE M - AUFLISTUNG ALLER EINGEREICHTEN UND GEPRÜFTEN BERECHNUNGEN,  
ZEICHNUNGEN UND SPEZIFIKATIONEN DER HAUPTLAGER

ANLAGE N - AUFLISTUNG ALLER EINGEREICHTEN UND GEPRÜFTEN BERECHNUNGEN,  
ZEICHNUNGEN UND SPEZIFIKATIONEN DER VERBINDUNG VON HAUPTWELLE ZU  
GETRIEBE

ANLAGE O - AUFLISTUNG ALLER EINGEREICHTEN UND GEPRÜFTEN BERECHNUNGEN,  
ZEICHNUNGEN UND SPEZIFIKATIONEN DER HAUPTGETRIEBE INKL.  
SCHMIERSYSTEM UND VERBINDUNG ZUM GENERATOR UND ADD-SOUNDSYSTEM

ANLAGE P - AUFLISTUNG ALLER EINGEREICHTEN UND GEPRÜFTEN BERECHNUNGEN,  
ZEICHNUNGEN UND SPEZIFIKATIONEN DER ANTRIEBSDYNAMIK

ANLAGE Q - AUFLISTUNG ALLER EINGEREICHTEN UND GEPRÜFTEN BERECHNUNGEN,  
ZEICHNUNGEN UND SPEZIFIKATIONEN DER MECHANISCHEN BREMSE

ANLAGE R - AUFLISTUNG ALLER EINGEREICHTEN UND GEPRÜFTEN BERECHNUNGEN,  
ZEICHNUNGEN UND SPEZIFIKATIONEN DER GONDELINNENTEILE

ANLAGE S - AUFLISTUNG ALLER EINGEREICHTEN UND GEPRÜFTEN BERECHNUNGEN,  
ZEICHNUNGEN UND SPEZIFIKATIONEN DER SPINNERABDECKUNG INKL.  
VERBINDUNGEN ZUR NABE

ANLAGE T - AUFLISTUNG ALLER EINGEREICHTEN UND GEPRÜFTEN BERECHNUNGEN,  
ZEICHNUNGEN UND SPEZIFIKATIONEN BZGL. MASCHINENHAUSVERKLEIDUNG UND  
SEITLICHES FACH

ANLAGE U - AUFLISTUNG ALLER EINGEREICHTEN UND GEPRÜFTEN BERECHNUNGEN,  
ZEICHNUNGEN UND SPEZIFIKATIONEN BZGL. SYSTEM ZUR GONDELNACHFÜHRUNG  
EINSCHL. TURMVERBINDUNG

ANLAGE V - AUFLISTUNG ALLER EINGEREICHTEN UND GEPRÜFTEN BERECHNUNGEN,  
ZEICHNUNGEN UND SPEZIFIKATIONEN DES TURMKOPFFLANSCHES



ANLAGE W - AUFLISTUNG ALLER EINGEREICHTEN UND GEPRÜFTEN BERECHNUNGEN,  
ZEICHNUNGEN UND SPEZIFIKATIONEN BZGL. BETRIEBSANLEITUNG UND  
WARTUNGSPFLICHTENBUCH



## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Windenergieanlage Vestas EnVentus V162-6.8/7.2MW 50Hz der Firma VESTAS Wind Systems A/S ist bzgl. der Sicherheitseinrichtungen, der Rotorblätter, der maschinenbaulichen Komponenten einschließlich der Verkleidung von Maschinenhaus und Nabe, der elektrotechnischen Komponenten und des Blitzschutz sowie der Bedienungsanleitung, des Inbetriebnahmeprotokoll und des Wartungspflichtenbuches begutachtet worden.

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser gutachterlichen Stellungnahme bedürfen noch die im Folgenden gelisteten Punkte einer Klärung:

### Das Steuer- und Sicherheitssystem

- Für die Berechnung des Leistungsniveaus ist eine weitere Ausarbeitung erforderlich.

### Elektrische Anlagen

- Die endgültige Dokumentation inkl. Testberichte und Handbücher für Generator, Konverter, Haupttransformator, Hauptschalttafel und Verkabelung muss von Vestas eingereicht und von DNV bewertet werden.

### Rotorblatt

- Die endgültige Strukturdocumentation muss von Vestas eingereicht und von DNV bewertet werden.

### Gusskomponenten (Nabe, Bettrahmen, Hauptlagergehäuse, Hauptwelle, Rotorverriegelung und Bolzenverbindungen)

- Die endgültige Strukturdocumentation muss von Vestas eingereicht und von DNV bewertet werden.

### Spinnerabdeckungen und Befestigung

- Die endgültige Strukturdocumentation muss von Vestas eingereicht und von DNV bewertet werden.

### Maschinenhausverkleidung und Seitliches Fach

- Die endgültige Strukturdocumentation muss von Vestas eingereicht und von DNV bewertet werden.

### Gondelnachführung einschl. Turmverbindung

- Endgültige Zeichnungen für die Azimutgetriebebaugruppe, die Azimutlagerbaugruppe und die Azimutschmierung für das Azimutsystem müssen von Vestas bereitgestellt und von DNV überprüft werden
- Die endgültige Dokumentation der Strukturberechnungen des Azimutgetriebegehäuses und des Planetenträgers muss von Vestas bereitgestellt und von DNV überprüft werden
- Die endgültige Dokumentation der Strukturberechnungen des Azimutlagers muss von Vestas bereitgestellt und von DNV überprüft werden



## BEDIENUNGSANLEITUNG UND WARTUNGSPFLICHTENBUCH

- Die vorläufigen Versionen der Bedienungsanleitung und des Wartungspflichtenbuches sind eingereicht worden und bedürfen noch der abschließenden Freigabe seitens DNV.

Vorbehaltlich der positiven Klärung dieser Punkte bestehen bei Berücksichtigung der Prüfbemerkungen gegen eine auf zunächst ein Jahr beschränkte vorläufige Inbetriebnahme der Windkraftanlage keine Bedenken.

## 2 PRÜFUNGSGRUNDLAGEN

### 2.1 Normen und Richtlinien

Die Prüfung der Maschinenbaulichen Komponenten, der Rotorblätter, des Überwachungs- und Sicherheitssystems, der Sicherheitseinrichtung und der Handbücher erfolgte nach IEC 61400-1, Ed. 4:2019: "Wind turbines – Part 1: Design requirements" unter Berücksichtigung der gemäß „Liste der Technischen Baubestimmungen“ - Erlass des Innenministeriums vom 23. Februar 2009 - IV 661 - 516.50 Fundstelle: Amtsblatt Schleswig-Holstein 2009 S. 232 enthaltenen Richtlinien DIBt:

„Richtlinie für Windenergieanlagen; Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“, Fassung Oktober 2012, und der dazugehörigen Anlage 2.7/10. Das Überwachungs- und Sicherheitssystem erfüllt den Standard der ISO 13849-1.

Dokument Nr.	Revision	Titel
DIBT-Richtlinie	2012-10	Richtlinie für Windenergieanlagen Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung

Die Festigkeitsnachweise für den Stahlbau sind nach Eurocode 3 geführt.