



Industrie Service

**Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.**

PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE
BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN

Prüfbericht für eine Typenprüfung

Datum: 23.11.2022

Prüfnummer: 3015976-52-d Rev. 3

**Objekt: Prüfung der Standsicherheit – Stahlrohrturm LDST
S969400**
Windenergieanlage Vestas
V150-5.0/5.4/5.6/6.0 MW EnVentus,
148 m Nabenhöhe
Windzone S, Erdbebenzone 3
Entwurfslebensdauer: 25 Jahre

Prüfgrundlage: DIBt-Richtlinie 2012

Hersteller: 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: 02.09.2025

Unsere Zeichen:
IS-ESW-MUC/CST

Dokument:
3015976-52-d
Rev.3_Vestas_V150
5.0_5.4_5.6_Stahlurm_HH148m
_25a.docx

Das Dokument besteht aus
10 Seiten.
Seite 1 von 10

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/de/impressum

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

Telefon: +49 89 5791-3146
Telefax: +49 89 5791-2956
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	02.04.2019	Erstfassung
1	03.09.2020	Neue Revision der Dokumente [1] bis [6] und [14] berücksichtigt, Dokumente [7] bis [10] ersetzt und Dokument [15] aufgenommen, Überarbeitung des Berichtes, Verlängerung der Gültigkeit
2	21.05.2021	Neue Revision der Dokumente [1] bis [3], [6], [10] und [11]. Neues Dokument [7] mit geänderten Lasten und Erweiterung auf Leistungsklasse 6.0 MW. Dokument [4] behält Gültigkeit. Redaktionelle Änderungen.
3	23.11.2022	Neue Dokumente [5], [13] und [14] hinzugefügt. Dokumente [1] bis [4] bleiben weiterhin gültig. Dokument [12] ersetzt. Redaktionelle Änderungen.

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..... 6

3.3. Lastannahmen 6

4. Prüfumfang 6

5. Prüfbemerkungen..... 7

6. Prüfergebnis..... 9

Auflagen..... 9



Industrie Service

1. Unterlagen

1.1. Geprüfte Unterlagen

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

- [1] "Tower Strength Calculation Hub Height 148m For Vestas Wind Turbine V150-5.0/5.4/5.6/6.0 MW DIBt S (WZ2GK2) EnVentus", 55 Seiten mit Anhang A1 und A2, Dokument Nr. 0078-1052, Revision 4, Datum 2021-03-09
- [2] Zeichnung "S969400 – V150-5.0/5.4/5.6/6.0MW-NH148 DIBt S (WZ2 GK2) LDST", 1 Blatt, Zeichnung Nr. 0078-1057, Revision 5, Datum 2021-03-10
- [3] "Extreme and fatigue assessment of fillet welds along vertical flanges for Tower V150-5.0/5.4/5.6 MW HH148 - DIBt S - LDST", 14 Seiten, Dokument Nr. 0078-1059, Revision 3, Datum 2021-03-09
- [4] "Large Diameter Steel Tower – FE Analysis on the Vertical Joints of the V150-5.0/5.4/5.6 MW EnVentus HH148 DIBt S Tower", 100 Seiten, Dokument Nr. 0078-1062, Revision 0, Datum 2019-01-21
- [5] „Tower Top Flange - EnVentus MK0BC, Strength Verification for V150 DIBt Towers“, 11 Seiten, Dokument Nr. 0120-9306, Revision 0, Datum 2022-02-18

1.2. Eingesehene Unterlagen

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

- [6] "Combine tower loads – S969400 V150-5.0/5.4/5.6 MW, EnVentus, WZ2GK2(S), HH 148m, 50/60 Hz, GS", 16 Seiten, Dokument Nr. 0080-0566, Revision 02, Datum 2020-05-06
- [7] "Combine Foundation loads – S969400 V150-5.0/5.4/5.6/6.0 MW, EnVentus, WZ2GK2(2), HH148 m 50/60 Hz, GS", 233 Seiten, Dokument Nr. 0080-9933, Revision 03, Datum 2021-02-04
- [8] „Tower Loads Comparison, EV 150-5.0/5.4/5.6/6.0 MW, EnVentus, DIBT, HH 125/148/166“, 18 Seiten, Dokument Nr. 0097-2588, Revision 01, Datum 2021-02-05
- [9] "Gutachterliche Stellungnahme für Lastannahmen zur Turmberechnung der Vestas V150-5.0/5.4/5.6/6.0 MW mit 148 m Nabenhöhe (Entwurfslebensdauer 25 Jahre) für Windzone WZ1GK2 (S)", erstellt von DNV GL Energy Renewables Certification, 8 Seiten, Dokument Nr. L-04353-A052-2b, Revision 2, Datum 2021-04-21
- [10] Zeichnung "FL Ø4008/Ø3730X430(Ø3820) FORGED S420NL", 1 Blatt, Zeichnung Nr. 75958888, Revision 0, Datum 2019-09-10
- [11] "Tower Top Flange FE analysis TFV20/TFV21/TFV22/TFV23", 23 Seiten, Dokument Nr. 0087-3549, Revision 1, Datum 2020-09-22
- [12] „Maschinengutachten der EnVentus-Windenergieanlagen V150-5.0 MW / V150-5.4 MW / V150-5.6 MW / V150-6.0 MW der Firma Vestas Wind Systems A/S mit Stahltürmen für 105 m, 125 m, 148 m und 166 m Nabenhöhe sowie Hybrid-Betontürmen für 166 m und 169 m Nabenhöhe für DIBt 2012 Windzone S, beinhaltend Gutachterliche Stellungnahmen zu den Nachweisen der Rotorblätter, der maschinenbaulichen Komponenten einschl. der Verkleidung von Maschinenhaus und der Nabe, der Sicherheitseinrichtungen (Sicherheitsgutachten) und der elektrotechnischen Komponenten und des Blitzschutzes,



- sowie zu Bedienungsanleitung, Inbetriebnahmeprotokoll (Vordruck) und Wartungspflichtenbuch“, erstellt von DNV Energy Systems Renewables Certification, 67 Seiten,
 Dokument Nr. M-05475-0, Revision 8, Datum 2022-03-31
- [13] „Tower Top Flange - EN MK0BC FE analysis – Fatigue/Extreme Loads Assessment“, 24 Seiten,
 Dokument Nr. 0110-9432, Revision 1, Datum 2022-01-27
- [14] „Nachweis Turmkopfflansch für die EnVentus Mk0B und Mk0C“, erstellt von DNV Energy Systems Renewables Certification, 2 Seiten,
 Dokument Nr. LTR-04192-20220216, Revision 0, Datum 2022-02-16
- [15] „Buckling Strength of Door Region – V136-3.45 MW-Mk3A HH149-DIBtS, LDST Tower“, 17 Seiten,
 Dokument Nr. 0056-8796, Revision 0, Datum 2016-01-21
- [16] „Large Diameter Steel Tower – FE Analysis on the Buckling Strength of the V136-3.45MW HH149 DIBtS LDST Tower“, 21 Seiten,
 Dokument Nr. 0057-0443, Revision 0, Datum 2016-01-22
- [17] „Prüfbericht für eine Typenprüfung Stahlrohrturm mit 149 m Nabenhöhe, für Windenergieanlagen vom Typ Vestas V136-3.45/3.60 MW LDST für Windzone S, Erdbebenzone 3“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 9 Seiten,
 Dokument Nr. 2494662-1-d, Revision 2, Datum 2017-11-13
- [18] „Design Guidelines for Calculation of Tubular Towers DIBt version“, 42 Seiten,
 Dokument Nr. 0014-2731, Revision 04, Datum 2019-06-20
- [19] Europäische Technische Bewertung „IHF Stretchbolt Schraubengarnituren“, erstellt vom Deutschen Institut für Bautechnik, 9 Seiten,
 ETA-13/0243, vom 13.06.2019

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



Industrie Service

- /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 1090-2:2011 „Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken; Deutsche Fassung EN 1090-2:2008+A1:2011“
- /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“

3. Beschreibung

Der Stahlrohrturm für die Windenergieanlage Vestas V150-5.0/5.4/5.6 MW besteht aus 3 zylindrischen und 3 konischen Sektionen.

Die Stöße der 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.

Die untersten drei Turmsektionen sind längs in drei gleichgroße Segmente (3 x 120°) geteilt. Die Mantelbleche dieser Teilsegmente werden miteinander durch vertikale Flansche und innenliegende, vorgespannte Schrauben verbunden. Die Ringflansche der Teilsegmente einer Turmsektion werden nicht miteinander verbunden. Damit die vertikalen Flansche von zwei aufeinanderfolgenden Turmsegmenten nicht übereinander liegen, sind diese in der Draufsicht zueinander verdreht in einem Winkel von 60° montiert.

3.1. Maße

Nabenhöhe:	148,00 m
Gesamtlänge Turm:	145,31 m
Außendurchmesser Turmwandung am Turmfuß:	6,046 m



Außendurchmesser Turmkopfflansch: 3,978 m

Weitere Angaben können Zeichnung [2] entnommen werden.

3.2. Baustoffe

Turmwand	S355 J0 gemäß DIN EN 10025
Türverstärkung	S355 J2 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
Vertikale Flansche	S355 J0 gemäß DIN EN 10025
Aluminiumblech zwischen den vertikalen Flanschen	DIN EN AW-6082 T6 gemäß DIN EN 755-2
Schraubengarnituren	M24-10.9 gemäß DIN EN 14399-4 /12/ für vertikale Flansche M36-10.9 gemäß DIN EN 14399-4 /12/ M56-10.9, M64-10.9 und M72-10.9 gemäß DAST-Richtlinie 021 /13/ alternativ „IHF Stretchbolt Schraubengarnituren“ gemäß [19]

3.3. Lastannahmen

Die dimensionierenden Lasten für die Prüfung des Stahlrohrturms der oben genannten Windenergieanlage sind in Dokument [6] für die Grenzzustände der Tragfähigkeit angegeben. Diese Lasten wurden mit der gutachtlichen Stellungnahme [9] bestätigt und werden als richtig vorausgesetzt. Die angesetzte Entwurfslebensdauer der Windenergieanlage beträgt 25 Jahre.

Einwirkungen aus Erdbeben sind gemäß Dokument [9] auf Basis der DIN EN 1998-1 /9/ für alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen in Deutschland abgedeckt. Hiermit sind 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: 267 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 Unterlagen sowie ein zusammenfassender Prüfbescheid zur Typenprüfung erforderlich.

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

Abweichungen von den geprüften Unterlagen und Prüfgrundlagen bezüglich Konstruktion, Lastannahmen, 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.



Industrie Service

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], [3] und [4] weisen für verschiedene Teilbereiche Auslastungen von nahezu 100% sowohl für die Betriebs- als auch für die Extremlasten aus. Überschreiten die Lasten die Lastannahmen gemäß [6], sind neue Nachweise zur Prüfung vorzulegen.

Die Dokumente [12] und [16] wurden bereits mit dem Bericht [17] bestätigt und dienen hier als Grundlagendokumente um das Verhalten der LDST-Sektion im Vergleich zu ungeteilten Stahlsektionen aufzuzeigen.

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 ist nicht Gegenstand dieses Prüfberichtes. Die Nachweise der Lasteinleitung vom Turmfußflansch in die darunterliegende Struktur sind nicht Bestandteil dieser Prüfung.

Die Nachweise der Schweißverbindung im Einflussbereich des Turmkopfflansches und des Radius des Turmkopfflansches gemäß Zeichnung [10] wurden zunächst in [1] für den Grenzzustand der Ermüdung anhand von Spannungskonzentrationsfaktoren aus [11] durchgeführt. Dokument [11] wurde mit [12] bestätigt. In einer zusätzlichen Berechnung wurden die Nachweise außerdem in [5] anhand von optimierten Spannungskonzentrationsfaktoren aus [13] durchgeführt. Dokument [13] wurde mit [14] bestätigt. Die Gültigkeit aller weiteren Nachweise in [13] wurde in [5] mittels Lastvergleich für den vorliegenden Turm nachgewiesen.

Eigenfrequenzen:

Die in [1] berechnete erste Eigenfrequenz liegt innerhalb des im Lastgutachten [9] angegebenen Gültigkeitsbereichs (0,154 Hz bis 0,170 Hz). Die dynamische Rotationsfedersteifigkeit aus der Interaktion von Fundament und Baugrund muss mindestens $k_{\varphi,dyn} = 109 \text{ GNm/rad}$ 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 [8] enthalten bereits Effekte aus einer Turmschiefstellung von 3 mm/m sowie aus einer zusätzlichen Schiefstellung von 6 mm/m infolge der Berücksichtigung einer statischen Bodendrehfeder von $k_{\varphi,stat} = 22,3 \text{ GNm/rad}$. Der Einfluss einer zusätzlichen Turmschiefstellung von 5 mm/m wurde in der Vergleichsrechnung berücksichtigt und kann als vernachlässigbar eingestuft werden.

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.



Bauzustand / vorübergehender Zustand	Gesamte maximale Dauer
Einzelne Sektionen des Turmes	Errichtung des gesamten Turmes innerhalb 1 Tages
Turm ohne Gondel	7 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
Zusätzlich an der Turmwand befestigte Teile	
Sektion 1, Blech 1 bis 3 und 7 Sektion 2, Blech 1 und 8 Sektion 3, Blech 1 und 10 Sektion 6, Blech 4 und 7 bis 11	KFK 80
Alle anderen Bleche	KFK 90
Bereich Tür	
Innerhalb des schraffierten Bereiches um die Türzarge gem. Zeichnung [2]	Keine Anschweißteile erlaubt
Schraffierter Bereich um die Türzarge gem. Zeichnung [2]	KFK 112 für Rundnähte
Rundnähte (wenn zutreffend auf beiden Seiten des genannten Bleches)	
Alle Rundnähte	KFK 90
Stumpfnahht zum Turmkopfflansch	KFK 90

Stahlsortenauswahl:

Die Stahlsortenauswahl nach DIN EN 1993-1-10 /8/ wurde in [1] für eine Bezugstemperatur T = -30°C durchgeführt.

Ausführungsvarianten:

Für die Verschraubung der horizontalen Flansche sind entweder HV-Schraubengarnituren oder „IHF-Stretchbolt Schraubengarnituren“ vorgesehen, s. Abschnitt 3.2.

Revision 3 dieses Prüfberichts:

Eine zusätzliche Berechnung mit dem Nachweis der Schweißverbindung im Einflussbereich des Turmkopfflansches und des Radius des Turmkopfflansches gemäß Zeichnung [10] wurde in [5] anhand von Spannungskonzentrationsfaktoren aus einer neuen, optimierten Berechnung [13] durchgeführt. Dokument [13] wurde mit [14] bestätigt. Die Geometrie des Turmkopfflansches bleibt dabei unverändert gemäß [10]. Das Maschinengutachten [12] ersetzt die in Revision 2 dieses Prüfberichtes zitierte Stellungnahme für den Turmkopfflansch.

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 [6] geeignet.

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

Auflagen

Allgemein

1. Sollten Schwingungsphänomene festgestellt werden, die in den Lastannahmen in [6] 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 [6] 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. Bauzustände und Stillstandszeiten der Anlage sind gemäß den Angaben in Abschnitt 5 zeitlich zu beschränken. Falls die zulässigen Zeiten überschritten werden oder die Gondel zu einem späteren Zeitpunkt vom Turm genommen wird, so 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-I bzw. C5-M 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.
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 Stahlrohrturm darf nur von Herstellern mit einer Qualifizierung gemäß DIN EN 1090-1 für mindestens Ausführungsklasse EXC3 gefertigt werden.
9. Die Fertigung des Stahlrohrturmes muss den Anforderungen der DIN EN 1090-2 Ausführungsklasse EXC3 entsprechen.



Industrie Service

10. Die Anschlusspunkte aller zusätzlich an die Turmwand angeschweißten Teile (z.B. Besteige-einrichtungen) müssen mindestens den in Abschnitt 5 angegebenen Kerbfallkategorien ent-sprechen.
11. Die Schweißnähte des Turmes müssen den Anforderungen der Kerbfallklassen gemäß Ab-schnitt 5 entsprechen.
12. Die Prüfung der Schraubverbindung am Turmkopfflansch (Turm zur Maschine) ist in die Prü-fung der Maschine einzubeziehen.
13. Bei Anwendung des Schraubsystems „IHF Stretchbolt Schraubengarnituren“ sind die Anga-ben in [19] zu beachten.

Prüfintervalle

14. 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.
15. 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 vorzule-gen.

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

Der Bearbeiter

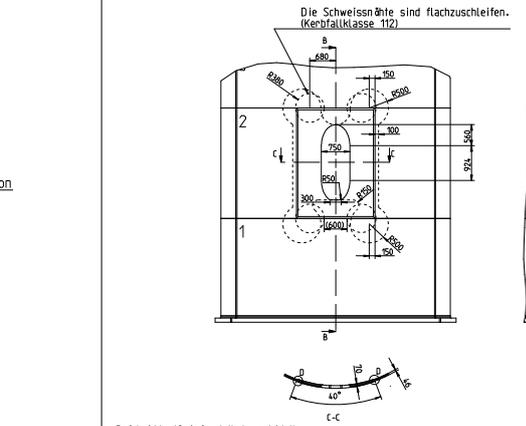
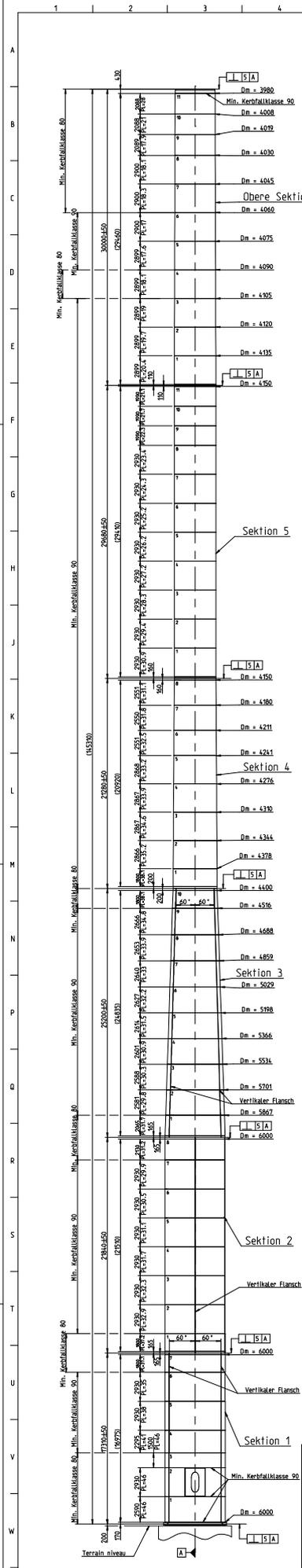
A handwritten signature in green ink, appearing to read 'C. Stiglmeier'.

C. Stiglmeier

Der Leiter

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

i.V. S. Mayer



Angeschweißte Beschläge und Ringversteifungen
 Prinzipskizze der zulässigen Platzierung und Geometrie angeschweißter Beschläge für Leiten, Plattformen, Kabet, Licht usw.

Ansicht von oben Ansicht von oben Seitenansicht

Kerbfalklasse 80 gemäß DIN EN 1993-1-9 Tabelle 8.4 Punkt 6 und 1.
 Min. 100 mm Abstand zu anderen Schweißnähten ist einzuhalten

Kreisförmige Löcher
 Prinzipskizze der zulässigen Lochplatzierung und Lochgeometrie im Turmantel.

Min. 2,5xD

Kerbfalklasse 90 gemäß DIN EN 1993-1-9 Tabelle 8.1 Punkt 11.
 Min. 100 mm Abstand zu anderen Schweißnähten ist einzuhalten.
 Max 2 Löcher pro horizontalem Turmschnitt sind erlaubt.
 4 Löcher pro horizontalem Turmschnitt sind erlaubt, wenn diese 90 grad +/- 20 grad versetzt angeordnet sind.

ALLGEMEINE BEMERKUNGEN
 Herstellung gemäß DIN EN 1090-2, EXC3.
 Alle Schweißnähte sind mit relevanten Methoden entsprechend DIN EN ISO 17635, abhängig von der Schweißnahtvorbereitung, zu kontrollieren.
 Visuelle Kontrolle: 100% aller Schweißnähte.
 Zerstörungsfreie Prüfung auf Schweißfehler (z.B. mit Ultraschall):
 - 100% aller Schweißnähte zwischen Mantel/Flansch.
 - 20% aller anderen senkrecht zur Turmauftrachse liegenden Stumpfnähte.
 - 10% aller zur Turmauftrachse parallel liegende Stumpfnähte.
 - 10% aller Kehlnähte.

Sämtliche Schweißnähte müssen nach DIN EN ISO 5817 Klasse B ausgeführt werden.
 Sämtliche Schweißnähte zwischen Flanschen, Mantelblech und Turmsegment sind als Stumpfnähte auszuführen voll durchzuschweißen und von beiden Seiten auszuführen. Die Neigung der Übergänge (Wahl oder Abfassung) ist im Verhältnis 1/4 (1 zu 4) zu gestalten.

Die Kerbfalklassen sind entsprechend DIN EN 1993-1-9 und DIN EN 1993-3-2 definiert.
 Längsstumpfnähte: Kerbfalklasse 112 gemäß DIN EN 1993-1-9 Tabelle 8.2 Punkt 10.
 Kreisförmige Stumpfnähte: Kerbfalklasse 80, 90 oder 112 gemäß DIN EN 1993-1-9 Tabelle 8.3 Punkt 11, 5 beziehungsweise 1.
 Vertikaler Flansch: Kerbfalklasse 125 gemäß DIN EN 1993-1-9 Tabelle 8.2 Punkt 2.
 Vertikaler Flansch Enden: Kerbfalklasse 80 gemäß DIN EN 1993-1-9 Tabelle 8.4 Punkt 3.

Ist Kerbfalklasse 90 spezifiziert, sind Rundnähte zwischen Mantelblech und Mantelblech/Flanschen in Wannenlage auszuführen und die Höhe der Nahtüberhöhung darf 10% der Nahtbreite nicht übersteigen.
 Bei kreisförmigen Stumpfnähten, für die verschiedene anwendende Kerbfalklassen spezifiziert worden sind, gilt die höchste Klasse. Es ist nicht zulässig Beschläge im Mantel zu schweißen.

Ist Kerbfalklasse 80 spezifiziert, ist es zulässig, im Mantelblech Beschläge anzuschweißen. Es ist nicht zulässig innerhalb der gestrichelten Linie des Turmsegments Löcher zu bohren oder Beschläge anzuschweißen.

TOLERANZEN
 Brennschneidarbeiten der Türöffnung und/oder von anderen Öffnungen sind gemäß DIN/ISO 9013-331 auszuführen. Alle sichtbaren Randkanten sind zu beseitigen. Geschnittene Bereiche sind zu schleifen und sämtliche Grat sind zu beseitigen.

Toleranzen für Mantelblech gemäß DIN EN 1993-1-6 Klasse B.
 Durchmesserangaben des Mantelblechs sind auf die Mittellinie des Materials bezogen.
 Längsnähte an angrenzenden Turmsegmenten sind inklusive dem Turmsegment um mindestens 90° zu versetzen. Die Referenzachse bei Turmsegmenten ist die Symmetrielinie (60° versetzt).

FLANSCHEN:
 Für Flanschen aus Blech muss Material mit mindestens Gütelasse Z25 nach DIN EN 10164 verwendet werden. Sämtliche Flanschbleche sind hinsichtlich der Doppeltverschleißfreiheit mittels US-Prüfung zu kontrollieren.
 Für den Kopfflansch: S420NL DIN EN 10025-3 - 3.1/DIN EN 10204
 Alle anderen Flansche: S355NL DIN EN 10025-3 - 3.1/DIN EN 10204

MANTELBLECHE:
 S355J0 DIN EN 10025-2 - 3.1/DIN EN 10204

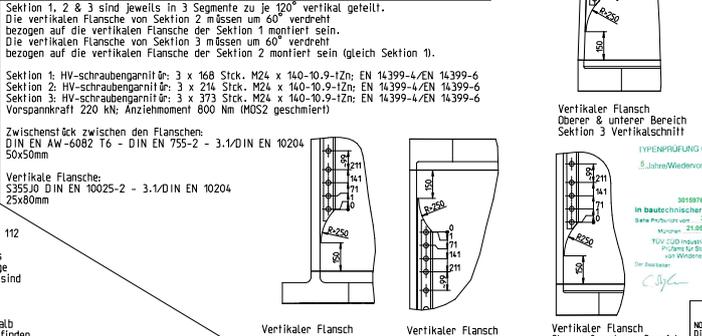
TÜR SEGMENT:
 S355J2 DIN EN 10025-2 - 3.1/DIN EN 10204

SECONDÄRE BAUTEILE - BESCHLÄGE - VERSTÄRKUNGEN - DÄMPFER USW.
 S235JR DIN EN 10025-2

TURMGEWICHT (MANTELBLECHE UND FLANSCHEN):
 Gewicht Sektion 1 = 113 t
 Gewicht Sektion 2 = 110 t
 Gewicht Sektion 3 = 111 t
 Gewicht Sektion 4 = 82 t
 Gewicht Sektion 5 = 82 t
 Gewicht Obere Sektion = 62 t

SCHWEISSEN
 Kehlnähte: Min. a4

ÖBERFLÄCHENBEHANDLUNG
 Umweltklasse: Gemäß ISO 12944-2. Außen: C5-I, Innen: C3.
 Lebensdauer: Gemäß ISO 12944-1 Hoch (H), Außen/Innen.



Sektion 1, 2 & 3 sind jeweils in 3 Segmente zu je 120° vertikal geteilt.
 Die vertikalen Flansche von Sektion 2 müssen um 60° verdreht bezogen auf die vertikalen Flansche der Sektion 1 montiert sein.
 Die vertikalen Flansche von Sektion 3 müssen um 60° verdreht bezogen auf die vertikalen Flansche der Sektion 2 montiert sein (gleich Sektion 1).

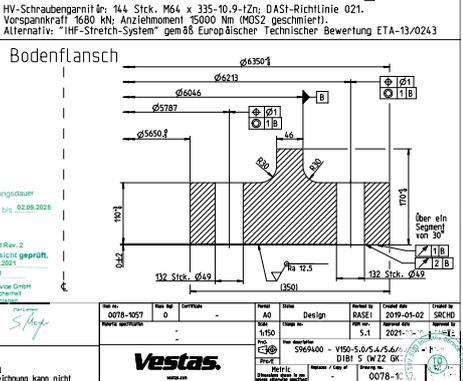
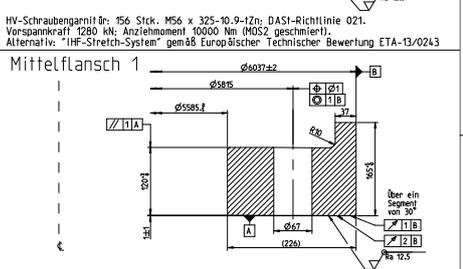
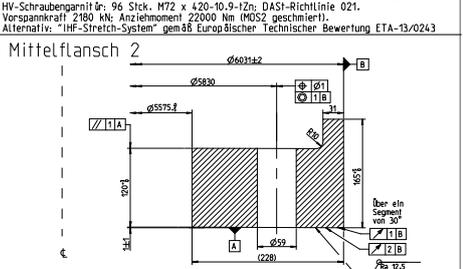
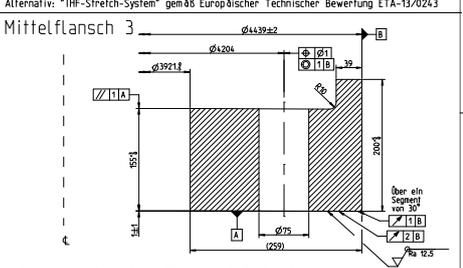
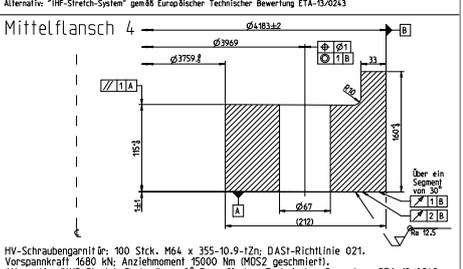
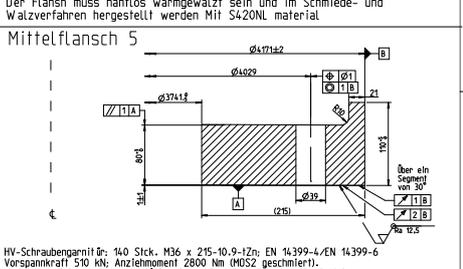
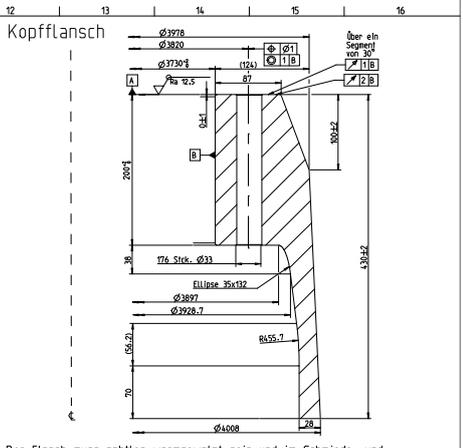
Sektion 1: HV-Schraubengarnitur: 3 x 168 Stck. M24 x 140-10.9-12N; EN 14399-4/EN 14399-6
 Sektion 2: HV-Schraubengarnitur: 3 x 214 Stck. M24 x 140-10.9-12N; EN 14399-4/EN 14399-6
 Sektion 3: HV-Schraubengarnitur: 3 x 373 Stck. M24 x 140-10.9-12N; EN 14399-4/EN 14399-6
 Vorspannkraft 220 kN; Anziehmoment 800 Nm (M0S2 geschmiedet)

Zwischenstück zwischen den Flanschen:
 DIN EN AW-6082 T6 - DIN EN 755-2 - 3.1/DIN EN 10204
 50x50mm

Vertikale Flansche:
 S355J0 DIN EN 10025-2 - 3.1/DIN EN 10204
 25x80mm

Schleifen:
 Alle Rundschweißnähte die mit der Bezeichnung "Min. Kerbfalklasse 112 (Schleifen)" gekennzeichnet sind, sind bis auf die Manteloberfläche abzuschleifen. Die Schleifrichtung des letzten Schleifvorganges muss senkrecht zur Richtung der Rundschweißnaht erfolgen. Die Übergänge zum restlichen Teil der Rundschweißnaht und zur Längsschweißnaht sind fließend zu gestalten.

Türsegment:
 Rundschweißnähte an der Außenseite der Turmwand, die sich innerhalb des Gebietes der mit einer gestrichelten Linie begrenzten Kreise befinden, sind flachzuschleifen.



NO.	REV.	DATE	BY	CHKD.	REASON
1	0	2019-01-02			
2	1	2021-05-11			

Vestas