Zusammenstellung der typengeprüften Dokumentationen

ENERCON

E-175 EP5-HST-162-FB-C-01
E1 und E2

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
D - 26605 Aurich
Telefon: 0 49 41 – 927–0
Telefax: 0 49 41 – 927–109

Rev. 2

ENERCON GmbH
Dreekamp 5 • 26605 Aurich
Telefon: +49 4941 927-0
Telefax: +49 4941 927-109

Übersicht/ Liste

Inhaltsverzeichnis

1. Prüfbescheid zur Typenprüfung **4144246-19-d Rev.2**
vom 19.12.2025

2. Hybridstahlturm **4144246-6-d-6 Rev.1 vom 16.10.2025**
2.1. Übersichtszeichnung D03132078-2

3. Flachgründung Ø 25,5m **4144246-8-d-7 Rev.0 vom 20.08.2025**
3.1. Fundamentdatenblatt D03118182-2
3.2. Schalplan D03123429-1
3.3. Bewehrungsplan unten D03123430-1
3.4. Bewehrungsplan oben D03123431-1

4. Tiefgründung Ø 22,0m **4144246-10-d-7 Rev.0 vom 21.10.2025**
4.1. Fundamentdatenblatt D03118965-2
4.2. Schalplan A D03123732-0
4.3. Schalplan B D03123733-0
4.4. Bewehrungsplan unten D03123734-1
4.5. Bewehrungsplan oben D03123735-1

5. Gutachterliche Stellungnahmen
5.1. Lastannahmen für Turm und Fundament E1
4144246-3-d-1 Rev.0 vom 29.07.2025
5.2. Lastannahmen für Rotorblatt und Maschinenbau E1
3743008-9-d-1 Rev.4 vom 29.07.2025
5.3 Lastenannahmen für Turm und Fundament E2
4254574-10-d Rev.0 vom17.12.2025
5.3. Lastenannahmen für Turm und Fundament E2
4144246-4-d-1 Rev.0 vom 29.07.2025
5.4. Lastannahmen für Maschinenbau und Rotorlasten E1
3821605-913-d-1 Rev.1 vom 17.12.2025
5.5. Lastannahmen für Maschinenbau und Rotorlasten E2
4011309-17-d-1 Rev.1 vom 29.07.2025
5.6. Turmkopfflansch

ENERCON GmbH
Dreekamp 5 • 26605 Aurich
Telefon: +49 4941 927-0
Telefax: +49 4941 927-109

3743008-18-d-11 Rev.3 vom 18.12.2025

5.7. Maschinenbauliche Komponenten

3821605-40-d-4 Rev.4 vom 18.12.2025

5.8. Maschinenhausverkleidungen

4011309-70-d-4 Rev.1 vom 17.12.2025

5.9. Rotorblatt

3821605-31-d-3 Rev.6 vom 18.12.2025

5.10. Rotorblatt- Initiale Tests

3821605-92-d-3 Rev.1 vom 26.06.2024

5.10. Sicherheitssystem und Handbücher

3821605-21-d-2 Rev.4 vom 18.12.2025

5.11. Elektrische Komponenten und Blitzschutz

3821605-70-d-5 Rev.3 vom 15.12.2025

Mit Ausnahme des Prüfbescheids und der Inhaltsübersicht ist die Zusammenstellung der typengeprüften Dokumentation streng vertraulich zu behandeln, da es sich um Betriebs- und Geschäftsgeheimnisse handelt, diese dürfen daher nicht öffentlich ausgelegt werden.

Datum	Dokument erstellt
26.09.2025 Rev.0	**1. Prüfbescheid zur Typenprüfung 4144246-19-d Rev.0 vom 12.09.2025**
	2. Hybridstahlturm 4144246-6-d-6 Rev.0 vom 20.08.2025
	2.1. Übersichtszeichnung D03132078-2
	3. Flachgründung Ø 25,5m 4144246-8-d-7 Rev.0 vom 20.08.2025
	3.1. Fundamentdatenblatt D03118182-2
	3.2. Schalplan D03123429-1
	3.3. Bewehrungsplan unten D03123430-1
	3.4. Bewehrungsplan oben D03123431-1
	4. Gutachterliche Stellungnahmen
	4.1. Lastannahmen für Turm und Fundament E1 4144246-3-d-1 Rev.0 vom 29.07.2025
	4.2. Lastannahmen für Rotorblatt und Maschinenbau E1 3743008-9-d-1 Rev.4 vom 29.07.2025
	4.3. Lastannahmen für Turm und Fundament E2 4144246-4-d-1 Rev.0 vom 29.07.2025
	4.4. Lastannahmen für Rotorblatt und Maschinenbau E2 4011309-17-d-1 Rev.1 vom 29.07.2025
	4.5. Turmkopfflansch 3743008-18-d-11 Rev.2 vom 31.07.2025
	4.6. Maschinenbauliche Komponenten 3821605-40-d-4 Rev.3 vom 10.09.2025
	4.7. Maschinenhausverkleidungen 4011309-70-d-4 Rev.0 vom 01.08.2025
	4.8. Rotorblatt 3821605-31-d-3 Rev.5 vom 19.08.2025
	4.9. Rotorblatt Initiale Statische Tests 3821605-92-d-3 Rev.1 vom 26.06.2024
	4.10. Sicherheitssystem und Handbücher 3821605-21-d-2 Rev.2 vom 11.09.2025
	4.11. Elektrische Komponenten und Blitzschutz 3821605-70-d-5 Rev.2 vom 11.08.2025

ENERCON GmbH
Dreekamp 5 • 26605 Aurich
Telefon: +49 4941 927-0
Telefax: +49 4941 927-109

Übersicht/ Liste

Inhaltsverzeichnis

Datum	Änderung
30.10.2025 Rev.1	**1. Prüfbescheid zur Typenprüfung 4144246-19-d Rev.1 vom 23.10.2025** 2. Hybridstahlturm 4144246-6-d-6 Rev.01 vom 16.10.2025 2.1.Übersichtszeichnung D03132078-2 3. Flachgründung Ø 25,5m 4144246-8-d-7 Rev.0 vom 20.08.2025 **4. Tiefgründung Ø 22,0m 4144246-10-d-7 Rev.0 vom 21.10.2025** 4.1. Fundamentdatenblatt D03118965-2 4.2. Schalplan A D03123732-0 4.3. Schalplan B D03123733-0 4.4.Bewehrungsplan unten D03123734-1 4.5.Bewehrungsplan oben D03123735-1 **5. Gutachterliche Stellungnahmen**
Datum	**Änderung**
03.02.2026 Rev.2	**1.Prüfbescheid zur Typenprüfung 4144246-19-d Rev.2 vom 19.12.2025** 2.Hybridstahlturm 4144246-6-d-6 Rev.1 vom 16.10.2025 3.Flachgründung Ø 25,5m 4144246-8-d-7 Rev.0 vom 20.08.2025 4.Tiefgründung Ø 22,0m 4144246-10-d-7 Rev.0 vom 21.10.2025 **5.Gutachterliche Stellungnahmen** 5.1.Lastannahmen für Turm und Fundament E1 4144246-3-d-1 Rev.0 vom 29.07.2025 **5.2.**Lastannahmen für Rotorblatt und Maschinenbau E1 3743008-9-d-1 Rev.4 vom 29.07.2024 **5.3Lastenannahmen für Turm und Fundament E1 4254574-10-d Rev.0 vom17.12.2025** **5.3**Lastenannahmen für Turm und Fundament E2 4144246-4-d-1 Rev.0 vom 29.07.2025 **5.4. Lastannahmen für Maschinenbau und Rotorlasten E1 605-913-d-1 Rev.1 vom 17.12.2025** **5.5.** Lastannahmen für Maschinenbau und Rotorlasten E2 4011309-17-d-1 Rev.1 vom 29.07.2025 **5.6.Turmkopfflansch 3743008-18-d-11 Rev.3 vom 18.12.2025** **5.7. Maschinenbauliche Komponenten 3821605-40-d-4 Rev.4 vom 18.12.2025** **5.8. Maschinenhausverkleidungen 4011309-70-d-4 Rev.1 vom 17.12.2025** **5.9. Rotorblatt 3821605-31-d-3 Rev.6 vom 18.12.2025** 5.10.Rotorblatt- Initiale Tests 3821605-92-d-3 Rev.1 vom 26.06.2024 **5.10. Sicherheitssystem und Handbücher 3821605-21-d-2 Rev.4 vom 18.12.2025** **5.11. Elektrische Komponenten und Blitzschutz 821605-70-d-5 Rev.3 vom 15.12.2025**

PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE
BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN

Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.

Prüfbescheid für eine Typenprüfung

Datum: 19.12.2025

Bescheid Nr.: **4144246-19-d Rev. 2**

Objekt: **Turm und Fundamente**
E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01 und
E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01
Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E1 und E-175 EP5 E2
Rotorblatt Typ E-175 EP5-RB-01
Nabenhöhe 162 m
Windzone S, Erdbebenzone 3

Prüfgrundlage: DIBt-Richtlinie 2012

Auftraggeber: ENERCON Global GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Deutschland

Gültig bis: 19.08.2030

Unsere Zeichen:
IS-ESW-MUC

Dokument:
4144246-19-d_Rev.2_ENERCON_E-175 EP5 E1-E2-HST-162-FB-C-01.docx

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 tuvsud.com/impressum

Aufsichtsrat:
Walter Reithmaier (Vors.)
Geschäftsführer:
Simon Kellerer (Sprecher)
Thomas Kainz
Paula Pias Peleteiro

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

tuvsud.com/de-is
Tel. Zentrale: 089 5190-4001

Revision	Datum	Änderungen
0	12.09.2025	Erstfassung
1	23.10.2025	Dokument [3] hinzugefügt. Neue Revision Dokument [1]. Redaktionelle Änderungen.
2	19.12.2025	Zusätzlicher Betriebsmodus OM-YO-12 für E1 Variante, Dokumente [6] und [7] hinzugefügt. Neue Revision Dokumente [10] [11], [12], [13], [15] und [16]. Redaktionelle Änderungen.

Inhaltsverzeichnis

1 Allgemeine Bestimmungen 3
2 Anlagenbeschreibung 3
3 Prüfgrundlage 4
4 Prüfberichte zur bautechnischen Prüfung 4
5 Gutachtliche Stellungnahmen 5
6 Zusammenfassung 6

1 Allgemeine Bestimmungen

Die Typenprüfung für die in Abschnitt 2 beschriebene Windenergieanlage besteht aus den unter Abschnitt 4 aufgeführten Prüfberichten sowie diesem Typenprüfbescheid. Grundlage der Typenprüfung sind die in Abschnitt 5 gelisteten gutachtlichen Stellungnahmen.

Die Typenprüfung bestätigt die Prüfung der Standsicherheit der gelisteten Türme und Gründungen.

Dieser Prüfbescheid zur Typenprüfung ersetzt nicht die Bestätigung des Auflagenvollzugs. Er ersetzt keine für die Durchführung von Bauvorhaben erforderlichen Genehmigungen.

Bei Abweichungen von diesem Prüfbescheid zur Typenprüfung oder den unter Abschnitt 4 und 5 aufgeführten zugehörigen Prüfberichten und Stellungnahmen sowie den darin geprüften Unterlagen und gelisteten Prüfgrundlagen ist die Standsicherheit im Einzelfall nachzuweisen und zu prüfen.

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.

2 Anlagenbeschreibung

Diese Typenprüfung gilt für die Windenergieanlagen ENERCON E-175 EP5 E1 und E-175 EP5 E2 mit 162 m Nabenhöhe mit den folgenden Charakteristika:

Windenergieanlage	**E-175 EP5 E1**		**E-175 EP5 E2**
Nennleistung	6000 kW[1]	6300 kW[1]	7000 kW
Gutachtliche Stellungnahme zu Lasten	[4] und [5]	[6] und [7]	[8] und [9]
Nabenhöhe	162 m		
Windzone	S		
Erdbebenzone nach DIN 4149	3		
Rotorblatttyp	E-175 EP5-RB-01		
Turbulenzkategorie	A		
Entwurfslebensdauer*	25 Jahre		

* Tausch von Komponenten des Betriebsführungs- und Sicherheitssystems nach 20 Jahren erforderlich

Tabelle 1: Anlageneigenschaften

[1] Die gutachtlichen Stellungnahmen zu den Lasten [4] und [5] bestätigen eine maximale Nennleistung von 6200 kW. Die gutachtlichen Stellungnahmen zu den Lasten [6] und [7] bestätigen eine maximale Nennleistung von 6380 kW. Gemäß der gutachtlichen Stellungnahme [16] ist die Windenergieanlage elektrisch aber nur bis zu einer maximalen Nennleistung von 6000 kW bzw. 6300 kW zugelassen.

In Tabelle 2 sind die möglichen Turm- und Gründungsvarianten mit den entsprechenden Prüfberichten und den zugehörigen Gutachten gelistet:

Nabenhöhe	162 m
Turmkonstruktion	Hybridstahlturm [1]
Fundamente	Flachgründung [2]
	Tiefgründung [3]

Tabelle 2: Zusammengehörige Prüfberichte und Gutachten

Detaillierte Beschreibungen der Bauteile Turm und Fundament sind in den zitierten Prüfberichten zu finden.

3 Prüfgrundlage

Der Prüfung wurden die folgenden Normen und Richtlinien zugrunde gelegt:

Ref.	Nummer	Titel
/1/	DIBt 2012	Richtlinie für Windenergieanlagen, korrigierte Version 2015
/2/	DIN EN IEC 61400-1:2019	Windenergieanlagen - Auslegungsanforderungen
/3/	EN IEC 61400-1:2019	Wind Turbines – Design requirements
/4/	Stellungnahme DIBt / IEC 61400-1 Ed. 4	Vom DKE, vom 31.08.2020

Nach den Anerkennungsnotizen im Vorwort von /2/ entspricht die Norm /2/ inhaltlich /3/. Entsprechend kann in den in Abschnitt 5 gelisteten Gutachterlichen Stellungnahmen gleichwertig /2/ oder /3/ als Prüfgrundlage verwendet werden.

In der DIBt-Richtlinie /1/ sind die älteren Versionen von /2/ aus den Jahren 2004 bzw. 2011 für die Ermittlung der Einwirkungen zugelassen. Mit diesem Prüfbescheid und gemäß Stellungnahme des DKE/AK 383.0.1 /4/ wird bestätigt, dass auch bei Anwendung der neuesten Version der DIN EN IEC 61400-1 in ihrer Gesamtheit das geforderte Sicherheitsniveau der DIBt- Richtlinie /1/ eingehalten wird und somit Konformität mit /1/ besteht.

4 Prüfberichte zur bautechnischen Prüfung

Gegenstand der Typenprüfung ist die Prüfung der Standsicherheitsnachweise sowie die Prüfung der zugehörigen Konstruktionszeichnungen für die Türme und die zugehörigen Gründungen entsprechend Tabelle 2.

Die im Rahmen der Prüfungen eingereichten Unterlagen sind in den folgenden Prüfberichten aufgelistet.

Die geprüften und mit rundem Prüfstempel versehenen Unterlagen entsprechen den Anforderungen der DIBt- Richtlinie /1/ sowie den in den folgenden Prüfberichten genannten Normen und Richtlinien und sind im Wesentlichen vollständig und richtig.

Die Prüfung der Podeste, Besteigeeinrichtungen und Innenausbauten des Turmes ist nicht Bestandteil dieser Typenprüfung.

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[1]	Prüfbericht für eine Typenprüfung Prüfung der Standsicherheit – Hybridstahlturm mit Ankerkorb E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01 / E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01	TÜV SÜD	4144246-6-d-6 Rev. 1	2025-10-16
[2]	Prüfbericht für eine Typenprüfung Prüfung der Standsicherheit – Gründung Hier: Flachgründung Ø = 25,50 m	TÜV SÜD	4144246-8-d-7 Rev. 0	2025-08-20
[3]	Prüfbericht für eine Typenprüfung Prüfung der Standsicherheit – Gründung Hier: Tiefgründung Ø = 22,00 m	TÜV SÜD	4144246-10-d-7 Rev. 0	2025-10-21

Der Prüfbericht zur Gründung [2] verweist auf eine ältere Revision des Turmprüfberichts [1]. Die Gültigkeit des Prüfberichts [2] in Kombination mit der hier zitierten Revision von [1] wird hiermit bestätigt.

5 Gutachtliche Stellungnahmen

Die folgenden gutachtlichen Stellungnahmen gemäß /1/ Abs. 3.I sowie J und K wurden im Rahmen dieser Typenprüfung vorgelegt:

- Bestätigung der Schnittgrößen für den Nachweis von Turm und Gründung, Rotorblätter und Maschinenbau (Lastgutachten)
- Nachweis der Sicherheitseinrichtungen (Sicherheitsgutachten)
- Nachweis der Rotorblätter
- Nachweis der maschinenbaulichen Komponenten (Maschinengutachten)
- Nachweis der Verkleidung von Maschinenhaus und Nabe
- Nachweis für die elektrotechnischen Komponenten und den Blitzschutz
- Bedienungsanleitung
- Inbetriebnahmeprotokoll

Als Grundlage für die Lastannahmen gelten die folgenden gutachtlichen Stellungnahmen:

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[4]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion - Lastannahmen E-175 EP5 E1 Hier: Turm- und Fundamentlasten	TÜV SÜD	4144246-3-d-1 Rev. 0	2025-07-29
[5]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion – Lastannahmen E-175 EP5 E1 Hier: Maschinenbau- und Rotorblattlasten	TÜV SÜD	3743008-9-d-1 Rev. 4	2025-07-29
[6]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion - Lastannahmen E-175 EP5 E1 Hier: Betriebsmodus OM-YO-12 Turm- und Fundamentlasten	TÜV SÜD	4254574-10-d Rev. 0	2025-12-17
[7]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion - Lastannahmen E-175 EP5 E1 Hier: Betriebsmodus OM-YO-12 Maschinenbau- und Rotorblattlasten	TÜV SÜD	3821605-913-d-1 Rev. 1	2025-12-17

[8]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion - Lastannahmen E-175 EP5 E2 Hier: Turm- und Fundamentlasten	TÜV SÜD	4144246-4-d-1 Rev. 0	2025-07-29
[9]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion – Lastannahmen E-175 EP5 E2 Hier: Maschinenbau- und Rotorblattlasten	TÜV SÜD	4011309-17-d-1 Rev. 1	2025-07-29

Für die weiteren oben genannten Unterlagen gelten die folgenden gutachtlichen Stellungnahmen:

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[10]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion – Maschinenbauliche Strukturen Hier: Turmkopfflansch	TÜV SÜD	3743008-18-d-11 Rev. 3	2025-12-18
[11]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion – Maschinenbauliche Strukturen, Maschinenbauliche Komponenten	TÜV SÜD	3821605-40-d-4 Rev. 4	2025-12-18
[12]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion – Maschinenhausverkleidungen und Personenanschlagpunkte	TÜV SÜD	4011309-70-d-4 Rev. 1	2025-12-17
[13]	Gutachtliche Stellungnahme Bewertung der Konstruktion – Rotorblatt Enercon E-175 EP5-RB-01	TÜV SÜD	3821605-31-d-3 Rev. 6	2025-12-18
[14]	Gutachtliche Stellungnahme Typprüfung – Rotorblatt Enercon E-175 EP5-RB-01 Hier: Initiale Statische Tests	TÜV SÜD	3821605-92-d-3 Rev. 1	2024-06-26
[15]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion – Handbücher, Personensicherheit, Betriebsführungs- und Sicherheitssystem (BUSSY)	TÜV SÜD	3821605-21-d-2 Rev. 4	2025-12-18
[16]	Gutachtliche Stellungnahme Bewertung der Konstruktion – Elektrische Komponenten und Blitzschutz	TÜV SÜD	3821605-70-d-5 Rev. 3	2025-12-15

Die Zusammenstellung von gutachtlichen Stellungnahmen ist im Sinne der DIBt Richtlinie /1/ Abschnitt 3.I sowie J und K vollständig. Die Unterlagen gemäß Abschnitt 3.L sind mit der gutachtlichen Stellungnahme [15] noch nicht final bestätigt, siehe Auflage 1.

Die in den gutachtlichen Stellungnahmen vorgegebenen Werte und Eigenschaften wurden in den Nachweisen von Turm und Gründungen berücksichtigt.

6 Zusammenfassung

Die eingereichten gutachtlichen Stellungnahmen und Prüfberichte für die Türme und die zugehörigen Gründungen der Windenergieanlagen vom Typ E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01 und E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01 entsprechen den Anforderungen der DIBt-Richtlinie /1/, sofern Auflage 1 erfüllt wird.

Die Anforderungen an die Standsicherheit der Türme und der Gründungen sind erfüllt, vorausgesetzt, alle in den Prüfberichten und diesem Prüfbescheid genannten Auflagen sowie alle Auflagen und Bemerkungen der zugehörigen gutachtlichen Stellungnahmen werden beachtet bzw. vollzogen. Eine Übersicht der Auflagen kann Anlage 1 dieses Typenprüfbescheids entnommen werden.

Die Türme und die zugehörigen Gründungen sind mindestens alle 2 Jahre durch einen Sachverständigen für Windenergieanlagen auf den Erhaltungszustand hin zu überprüfen. Wenn von der

Herstellerfirma eine laufende (mindestens jährliche) Überwachung und Wartung der Windenergieanlage durchgeführt wird, kann der Zeitraum der Fremdüberwachung auf 4 Jahre verlängert werden. Über die Überprüfung bzw. Überwachung und Wartung ist mindestens alle 2 Jahre ein Bericht zu erstellen.

Auflagen

1. Bis zur Inbetriebnahme der Serienanlage muss eine gutachtliche Stellungnahme mit Bestätigung der finalen Unterlagen gemäß Abschnitt 3.L der DIBt-Richtlinie /1/ vorgelegt werden.

Für die Verlängerung der Typenprüfung sind die eingereichten Unterlagen, insbesondere die Zeichnungen und die Berechnungen für die Türme und die zugehörigen Gründungen, 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

H. Bolzmacher

Der Leiter

S. Kasper

Anlage 1: Auflagen aus Prüfberichten und Gutachtlichen Stellungnahmen

Prüfbericht / Gutachtliche Stellungnahme	Kapitel	Auflagen Nr.
[1]	6	1 bis 27
[2]	6	1 bis 11
[3]	6	1 bis 14
[4]	6	1 bis 3
[5]	6	1 bis 3
[6]	6	1
[7]	6	1
[8]	6	1 bis 3
[9]	6	1 bis 3
[10]	6	1 bis 2
[11]	6	1 bis 4
[12]	6	1 bis 4
[13]	6	1 bis 3
[14]	-	Keine
[15]	6	1 bis 9
[16]	6	1 bis 4

Tabelle 3: Mitgeltende Auflagen

PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE
BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN

Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.

Prüfbericht für eine Typenprüfung

Datum: 16.10.2025

Bericht Nr.: **4144246-6-d-6 Rev. 1**

Objekt: **Prüfung der Standsicherheit – Hybridstahlturm mit Ankerkorb**
E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01 /
E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01
Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E1 und ENERCON E-175 EP5 E2,
162 m Nabenhöhe
Windzone S, Erdbebenzone 3

Prüfgrundlage: DIBt-Richtlinie 2012

Auftraggeber: ENERCON Global GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich

Gültig bis: 19.08.2030

Unsere Zeichen:
IS-ESW-MUC

Dokument:
4144246-6-d-6-rev1_Enercon_E-175_EP5_E1&E2-Tower-HST-162.docx

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 tuvsud.com/impressum

Aufsichtsrat:
Walter Reithmaier (Vors.)
Geschäftsführung:
Simon Kellerer (Sprecher)
Thomas Kainz
Ferdinand Neuwieser
Paula Pias Peleteiro

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Prüfamt für Standsicherheit für die Bautechnische Prüfung von Windenergieanlagen
Westendstraße 199
80686 München
Deutschland
Telefon: 089 5791-3146

tuvsud.com/de-is
Tel. Zentrale: 089 5190-4001

D03179711/1.0-de; 2025-10-23 11:39

Revision	Datum	Änderungen
0	20.08.2025	Erstfassung
1	16.10.2025	Die Dokumente [1], [5], [8] und [33] wurden aktualisiert, sowie [18] ersetzt. Dokument [2] hinzugefügt. Dokumente [34] und [35] aus Revision 0 wurden entfernt.

Inhaltsverzeichnis

1 Unterlagen 3
1.1 Geprüfte Unterlagen 3
1.2 Eingesehene Unterlagen 4
2 Prüfgrundlage 5
2.1 Angewendete Richtlinien und Normen 5
2.2 Berücksichtigte Richtlinien und Normen 6
3 Beschreibung 6
3.1 Baustoffe 7
3.2 Lastannahmen 7
3.3 Umweltbedingungen 8
4 Prüfumfang 8
5 Prüfbemerkungen 8
5.1 Allgemein 8
5.2 Stahlsektionen 12
6 Prüfergebnis 14
Auflagen 14

D03179711/1.0-de; 2025-10-23 11:39

1 Unterlagen

1.1 Geprüfte Unterlagen

Folgende Dokumente wurden zur Prüfung vorgelegt:

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[1]	Static and Dynamic Calculation ENERCON Hybrid Steel Tower E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01 E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01	ENERCON	D03101368 Rev. 2.1	2025-09-26
[2]	Additional Shell Buckling Verifications ENERCON Hybrid Steel Tower E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01 E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01	ENERCON	D03187729 Rev. 0.0	2025-09-26
[3]	Structural Calculation E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01 E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01, Anchor Basket Verification	ENERCON	D03101369 Rev. 0.2	2025-03-27
[4]	Specification MDV-Preloading of Ring Flange Bolts with early Retightening	ENERCON	D02693123 Rev. 3.0	2025-06-03
[5]	Zeichnung: Übersichtszeichnung Hybrider Stahlturm E-175 EP5 E1 & E2-HST-162-FB-B-01	ENERCON	D03132078 Rev. 2.0	2025-08-07
[6]	Datenblatt: Turmgeometrie Sektion 1	ENERCON	D03097707 Rev. 2.0	2025-06-12
[7]	Datenblatt: Turmgeometrie Sektion 2	ENERCON	D03097708 Rev. 2.0	2025-06-12
[8]	Datenblatt: Turmgeometrie Sektion 3	ENERCON	D03097709 Rev. 3.0	2025-07-30
[9]	Datenblatt: Turmgeometrie Sektion 4	ENERCON	D03097710 Rev. 2.1	2025-06-24
[10]	Datenblatt: Turmgeometrie Sektion 5	ENERCON	D03097711 Rev. 2.1	2025-06-24
[11]	Datenblatt: Turmgeometrie Sektion 6	ENERCON	D03097712 Rev. 1.0	2025-02-06
[12]	Datenblatt: Turmgeometrie Sektion 7	ENERCON	D03097713 Rev. 1.0	2025-02-06
[13]	Datenblatt: Turmgeometrie Sektion 8	ENERCON	D03097714 Rev. 2.0	2025-03-19
[14]	Datenblatt: Turmgeometrie Sektion 9	ENERCON	D03097715 Rev. 1.0	2025-02-06
[15]	Datenblatt: Turmgeometrie Sektion 10	ENERCON	D03097716 Rev. 1.0	2025-02-06
[16]	Datenblatt: Turmgeometrie Sektion 11	ENERCON	D03097717 Rev. 2.0	2025-04-07
[17]	Zeichnung: Stahlsektion Standard ST-Sektion	ENERCON	D02900869 Rev. 1.0	2023-08-03
[18]	Zeichnung: Stahlsektion Übergangssektion 96 Kantungen	ENERCON	D03139284 Rev. 1.0	2025-08-18
[19]	Zeichnung: Stahlsektion Standard HST-Sektion	ENERCON	D02911599 Rev. 1.0	2023-08-03
[20]	Zeichnung: Stahlsektion HST 12-teilig-Standartsektion	ENERCON	D03080687 Rev. 0.0	2025-01-15
[21]	Zeichnung: Stahlsektion HST 12-teilig-Türsektion	ENERCON	D03127310 Rev. 0.0	2025-04-25
[22]	Datenblatt: Turmgeometrie Foundation Basket Geometry	ENERCON	D03096733 Rev. 1.1	2025-06-24
[23]	Spannanweisung Fundamentkorb	ENERCON	D03101370 Rev. 0.0	2025-03-27
[24]	Turmfußlasten E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01	ENERCON	D03106937 Rev. 1.0	2025-03-10
[25]	Turmfußlasten E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01	ENERCON	D03096717 Rev. 3.0	2025-07-04

D03179711/1.0-de; 2025-10-23 11:39

1.2 Eingesehene Unterlagen

Folgende Dokumente wurden im Rahmen der Prüfung zusätzlich herangezogen:

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[26]	Design Base E-175 EP5 E1 / E-175 EP5 E2	ENERCON	D02833990 Rev. 0.5	2024-10-17
[27]	Load document: „D03104844_0.1_de-en_Calculation_E-175_EP5_E1-HST-162-FB-C-01; LL06 WCS_TCA_7.25_2.0; fatigue and ultimate loads; tower.xlsx“, MD5 checksum: b04f2db9176160f6a5c7bf720c7a5cc6 (included in “D03126533_0.0_LSET; LL06; E-175 EP5-HST-162-FB-C-01.zip“, MD5 checksum: f29314d180e7b2db0bd115f64022b44b)	ENERCON	D03104844 Rev. 0.1	2025-03-14
[28]	Load document: “D03104175_0.2_de-en_Calculation_E-175_EP5_E2-HST-162-FB-C-01; LL04 WCS_TCA_7.25_2.0; fatigue and ultimate loads; tower.xlsx“ MD5 checksum: 1bcf9fefda097e555f384f3aab14d294 (included in “D03126185_0.0_LSET; LL04; E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01.zip“, MD5 checksum: 1c9156dbab88dbef1cd6d3055fd8bec3)	ENERCON	D03104175 Rev. 0.2	2025-03-13
[29]	Gutachterliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion - Lastannahmen Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E1 Hier: Turm- und Fundamentlasten	TÜV SÜD	4144246-3-d-1 Rev. 0	2025-07-29
[30]	Gutachterliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion - Lastannahmen Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E2 Hier: Turm- und Fundamentlasten	TÜV SÜD	4144246-4-d-1 Rev. 0	2025-07-29
[31]	Zeichnung: Turmflansch Spezifikation-D3868-150xM30	ENERCON	D02133917 Rev. 0.1	2021-02-05
[32]	Structural Calculation Hybrid Steel Tower (HST) Generic Door Opening Verification	ENERCON	D03018215 Rev. 4.1	2025-06-26
[33]	Evaluation of Generic Verification Approach Door opening for ENERCON Hybrid Steel Towers (HST)	TÜV SÜD	ST-4005063-1-e Rev. 2	2025-10-01
[34]	Spezifikation Oberflächenbehandlung Stahlturm	ENERCON	D1005701 Rev. 11.0	2024-04-11
[35]	Zeichnung: Konservierung Mantelblech	ENERCON	D1010125 Rev. 6	2023-04-04
[36]	Spezifikation Anziehen von HRC-Schrauben bei gleitfesten Verbindungen in HST	ENERCON	D1016518 Rev. 7.0	2025-04-22
[37]	Design Guideline for Maintenance Free Slip Resistance Joints with Catalog of Permissible Connections	ENERCON	D02931895 Rev. 4.0	2025-04-22
[38]	Gutachterliche Stellungnahme Konstruktionsbewertung – Hybridstahltürme Hier: Wartungsfreie gleitfeste Schraubenverbindungen	TÜV SÜD	3824125-1-d Rev. 2	2025-05-09
[39]	General Verification for Effects of Fixtures on HRC Bolts	ENERCON	D02980720 Rev. 3.0	2024-05-16
[40]	Allgemeine Bauartgenehmigung Konstruktionsdetails mit spezifischen Kerbfallkategorien in Stahlrohrtürmen	DIBt	Z-30.6-78	2023-02-23 gültig bis 2026-12-21

D03179711/1.0-de; 2025-10-23 11:39

[41]	Fundamentkorb Geometrie Skizzen HST	ENERCON	D02915818 Rev. 2.0	2023-11-24

2 Prüfgrundlage

2.1 Angewendete Richtlinien und Normen

Die Prüfung der Unterlagen erfolgte gemäß folgender Richtlinien und Normen:

Ref.	Nummer	Titel
/1/	DIBt 2012	Richtlinie für Windenergieanlagen, korrigierte Version 2015
/2/	DIN EN 1991-1-1:2010 + NA:2010 + NA/A1:2015	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke –Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau
/3/	DIN EN 1991-1-4:2010 + NA:2010	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Windlasten
/4/	DIN EN 1992-1-1:2011 + A1:2015 + NA:2013 + NA/A1:2015	Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetonbauwerken – Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
/5/	DIN EN 1993-1-1:2010 + A1:2014 + NA:2018	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
/6/	DIN EN 1993-1-2:2010 + NA:2010	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall
/7/	DIN EN 1993-1-6:2010 + NA:2010	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Festigkeit und Stabilität von Schalen
/8/	DIN EN 1993-1-8:2010 + NA:2020	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Bemessung von Anschlüssen
/9/	DIN EN 1993-1-9:2010 + NA:2010	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Ermüdung
/10/	DIN EN 1993-1-10:2010 + NA:2016	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung
/11/	DIN EN 1998-1:2010 + NA:2011	Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten
/12/	DIN 4149:2005	Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten

D03179711/1.0-de; 2025-10-23 11:39

2.2 Berücksichtigte Richtlinien und Normen

Zur Prüfung wurden zusätzlich folgende Normen und Richtlinien herangezogen:

Ref.	Nummer	Titel
/13/	DIN EN 1090-2:2018	Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken
/14/	DIN EN 14399-10:2019	Hochfeste vorspannbare Garnituren für Schraubverbindungen im Metallbau – System HRC – Garnituren aus Schrauben und Muttern mit kalibrierter Vorspannung
/15/	DIN EN 14399-4:2015	Hochfeste vorspannbare Garnituren für Schraubverbindungen im Metallbau - System HV - Garnituren aus Sechskantschrauben und -muttern
/16/	DASt – Richtlinie 021:2013	Schraubenverbindungen aus feuerverzinkten Garnituren M 39 bis M 72 entsprechend DIN EN 14399-4, DIN EN 14399-6
/17/	DIN EN ISO 898-1:2013	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl – Schrauben mit festgelegten Festigkeitsklassen – Regelgewinde und Feingewinde
/18/	ISBN 978-92-79-25592-2	“Choice of Steel Material to Avoid Brittle Fracture for Hollow Section Structures” issued by European Commission Joint Research Centre

3 Beschreibung

Der Hybridstahlturm E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01 bzw. E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01 besteht im oberen Bereich aus rohrförmigen Sektionen und im unteren Bereich aus polygonalen, längsverschraubten Sektionen.

Die Stöße der Rohrturmsektionen sind als L-Ringflanschverbindungen mit vorgespannten Schrauben ausgeführt. Die Wanddickenstöße dieser Turmsegmente sind als Stumpfnähte ausgeführt.

Die längsverschraubten Turmsektionen bestehen jeweils aus mehreren vorgefertigten Modulen. Diese werden bei der Errichtung mittels vertikaler Verbindungsbleche in Längsrichtung miteinander zu vollständigen polygonalen Turmsektionen und anschließend untereinander mittels horizontaler Verbindungsbleche verschraubt.

Die Verbindung den polygonalen und den rohrförmigen Sektionen erfolgt über einer Stahlverbindungssektion, welche mit dem rohrförmigen Teil verschweißt und mit dem polygonalen Teil mittels Verbindungsbleche verschraubt ist.

Die Türöffnung wird mit einem aufgeschraubten Blech verstärkt.

Die Anbindung an das Fundament erfolgt über einen T-Ringflansch, der an die unterste polygonale Sektion angeschweißt ist, und einen Ankerkorb, der aus Ankerbolzen, und einer einbetonierten Ankerplatte besteht.

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

Genaue Angaben können den Dokumenten [5] bis [22] entnommen werden.

D03179711/1.0-de; 2025-10-23 11:39

3.1 Baustoffe

In Tabelle 1 sind die verwendeten Baustoffe des Stahlturms angegeben.

Bauteil	Baustoff	Bezugsnorm
Turmwand	S355	EN 10025-2
Türverstärkung	S355	EN 10025-2
Ringflansche und Turmfußflansch	S355	EN 10025-3
Vertikale Verbindungsbleche	S355	EN 10025-2
Horizontale Kopplungsbleche	S355 S420	EN 10025-2 EN 10025-3
Schraubengarnituren	M27-10.9 M36-10.9 M48-10.9	DIN EN 14399-10 /14/ DIN EN 14399-4 /15/ DASt-Richtlinie 021 /16/
Ankerplatte	S235	DIN EN 10025-2
Ankerbolzen	M36-10.9	DIN EN ISO 898-1 /17/
Beton	C35/45	DIN EN 1992-1-1 /4/

Tabelle 1: Baustoffe

3.2 Lastannahmen

In Tabelle 2 sind die berücksichtigten Varianten der Windenergieanlage zusammen mit den zugehörigen Lastannahmen und Gutachtlichen Stellungnahmen angegeben.

Anlagenvariante	Lastdokument	Gutachtliche Stellungnahme
ENERCON E-175 EP5 E1	D03104844 Rev. 0.1 [27]	4144246-3-d-1 Rev. 0 [29]
ENERCON E-175 EP5 E2	D03104175 Rev. 0.2 [28]	4144246-4-d-1 Rev. 0 [30]

Tabelle 2: Turbinenvarianten und zugehörige Lastdokumente

Die dimensionierenden Lasten für die Prüfung des Stahlrohrturms entsprechend der obenstehenden Tabelle wurden mit der dort genannten gutachtlichen Stellungnahme bestätigt und werden als richtig vorausgesetzt. Die angesetzte Entwurfslebensdauer der Windenergieanlage beträgt 25 Jahre.

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

D03179711/1.0-de; 2025-10-23 11:39

3.3 Umweltbedingungen

Die Stahlsortenauswahl nach DIN EN 1993-1-10 /10/ wurde über die Anforderungen der DIBt-Richtlinie /1/ hinaus für eine Bezugstemperatur T_{Ed} = -40°C durchgeführt.

Die mit [38] bestätigten wartungsfreien Verbindungen mit HRC-Schrauben sind für Klimabedingungen gemäß der DIBt-Richtlinie /1/ geeignet.

Für kaltverformte und geschweißte Bereiche wurde die Stahlsortenauswahl basierend auf DIN EN 1993-1-10 /10/ unter zusätzlicher Berücksichtigung von /18/ durchgeführt.

4 Prüfumfang

Dieser Prüfbericht für eine Typenprüfung umfasst die Prüfung hinsichtlich der Standsicherheit des in Abschnitt 3 beschriebenen Hybridstahlturm mit Ankerkorb auf Basis der in Abschnitt 2.1 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.

Die zur Prüfung vorgelegten Unterlagen beinhalten Text in mehreren Sprachen. Im Rahmen der Bewertung wurden nur die Inhalte in englischer Sprache berücksichtigt.

5 Prüfbemerkungen

5.1 Allgemein

Wenn nicht anders angegeben, wurden die eingereichten Nachweise durch Vergleichsrechnung geprüft.

Die Nachweise der Türöffnung basiert auf dem generischen Bericht [32], welcher durch [33] bestätigt wurde.

Die Bauteile wurden für die in den Dokumenten in Tabelle 2 angegebenen Lasten nachgewiesen.

Die vorliegenden Nachweise weisen für verschiedene Teilbereiche Auslastungen von nahezu 100% sowohl für die Betriebs- als auch für die Extremlasten aus. Überschreiten die Lasten die Lastannahmen gemäß Tabelle 2, sind neue Nachweise zur Prüfung vorzulegen.

D03179711/1.0-de; 2025-10-23 11:39

Die vorgelegten Zeichnungen und Spezifikationen wurden auf Übereinstimmung mit den Annahmen der Berechnung geprüft.

Die Anforderungen an die Herstellungsprozesse, die erforderlich sind, um die bei der Konstruktionsbewertung angenommene Qualität zu erreichen, werden als geeignet angesehen.

5.1.1 Änderungen in der letzten Revision dieses Prüfberichts

Mit der Revision 1 dieses Berichts wurde die Verbindungssektion zwischen rohrförmigen und polygonalen Turmbereich geändert sowie die Geometrie und Kerbfallanforderungen der darüberlegenden Rohrsektion angepasst. Die zugehörigen Dokumente [1], [5] und [8] wurden aktualisiert und neue Nachweise wurden mit dem hinzugefügtem Dokument [2] ergänzt. Dokument [18] wurde ersetzt mit der aktualisierten Turmgeometrie. Die Dokumente [34] und [35] aus Revision 0, zugehörig zur alten Verbindungssektion, wurden entfernt. Dokument [33] wurde aktualisiert ohne Auswirkung auf das Design.

5.1.2 Schnittstellen

Der Ankerkorb gemäß [22] und die Lasteinleitung in den Beton des Fundaments wurden exemplarisch für eine vorgegebene Geometrie und Betonfestigkeiten des Fundaments in [3] nachgewiesen. Diese Nachweise werden hiermit bestätigt.

Anforderungen an die Auslegung des Fundaments sind in Dokument [24] und [25] definiert, welche mit diesem Bericht auf Grundlage der Lasten gemäß [27] und [28] sowie unter Berücksichtigung von Effekten aus Imperfektionen gemäß Abschnitt 5.1.4 bestätigt werden.

Die Berechnung des Turmkopfflansches mit dem Nachweis der Schweißverbindung in seinem Einflussbereich, des Radius und der Schraubverbindung zur Maschine sind nicht Gegenstand dieser Prüfung und sind in die Prüfung der Maschine einzubeziehen, siehe Auflage 14. Die Flanschgeometrie kann Zeichnung [31] entnommen werden.

5.1.3 Eigenfrequenzen

Die in [1] berechnete erste Eigenfrequenz liegt innerhalb der in den Lastgutachten [29] und [30] angegebenen Gültigkeitsbereichen:

E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01:
fore-aft: 0.164 Hz to 0.190 Hz; side-side: 0.162 Hz to 0.188 Hz;

E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01:
fore-aft: 0.160 Hz to 0.183 Hz; side-side: 0.158 Hz to 0.182 Hz.

Die dynamische Rotationsfedersteifigkeit aus der Interaktion von Fundament und Baugrund muss mindestens $k_{\varphi,dyn}$ = 160 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.

5.1.4 Imperfektionen

Zusätzliche Biegemomente aus einer Turmschiefstellung von 5 mm/m und von Differenzsetzungen des Fundaments von 3 mm/m sowie aus einer zusätzlichen Schiefstellung infolge der Berücksichtigung einer statischen Bodendrehfeder von mindestens $k_{\varphi,stat}$ = 20 GNm/rad wurden in den statischen Nachweisen berücksichtigt.

D03179711/1.0-de; 2025-10-23 11:39

5.1.5 Bauzustände und Querschwingungen

Nachweise wirbelerregter Querschwingungen in der ersten Eigenform wurden für verschiedene Errichtungszustände gemäß nachstehender Tabelle 3 in [1] geführt. Jeder Bauzustand ist auf die angegebene Zeit zu begrenzen, es sei denn die Einhaltung der maximalen Windgeschwindigkeit kann dauerhaft sichergestellt werden. Die angegebenen Windgeschwindigkeiten gelten bei 10 m über Geländeoberkante. Weitere hiervon abweichende Schwingungsformen oder Bau- und Montagezustände sowie Transportzustände sind nicht Gegenstand dieser Prüfung, siehe Auflage 5.

Bauzustand / vorübergehender Zustand	**Maximale Dauer oder Windgeschwindigkeit**	
Turm ohne Sektion 8	Keine Beschränkungen	
Turm ohne Sektion 9	-	die maximale Windgeschwindigkeit darf einen 10-Minuten Mittelwert von 17 m/s nicht überschreiten
Turm ohne Sektion 10	-	die maximale Windgeschwindigkeit darf einen 10-Minuten Mittelwert von 11 m/s nicht überschreiten
Turm ohne oberste Sektion (11)	-	die maximale Windgeschwindigkeit darf einen 10-Minuten Mittelwert von 7 m/s nicht überschreiten
Turm ohne Gondel	1,5 Tage oder	die maximale Windgeschwindigkeit darf einen 10-Minuten Mittelwert von 4 m/s nicht überschreiten
Turm mit Gondel	7,0 Tage oder	die maximale Windgeschwindigkeit darf einen 10-Minuten Mittelwert von 3 m/s nicht überschreiten
Turm mit Gondel und Generator	5,0 Tage oder	die maximale Windgeschwindigkeit darf einen 10-Minuten Mittelwert von 2 m/s nicht überschreiten
Turm mit Gondel, Generator und Nabe	4,0 Tage oder	die maximale Windgeschwindigkeit darf einen 10-Minuten Mittelwert von 1 m/s nicht überschreiten
Stillstandszeiten der fertiggestellten Anlage	1 Jahr über die Lebensdauer	

Tabelle 3: Anforderungen für Bauzustände

5.1.6 Bauzustände, Temporäre Teilvorspannung:

Nachweise temporärer Teilvorspannung von Schrauben in Ringflanschverbindungen wurden für die Errichtungszustände gemäß nachstehender Tabelle in [1] geführt. Verschraubungen und Vorspannungen dürfen nur unvollständig bleiben, wenn die Einhaltung der maximalen Windgeschwindigkeit über den gesamten Zeitraum sichergestellt werden kann. Weitere hiervon abweichende Verschraubungszustände sind nicht Gegenstand dieser Prüfung.

D03179711/1.0-de; 2025-10-23 11:39

Bauzustand und Bauteil	Anzugsmoment und Anzahl Schrauben	Maximale Dauer und Windgeschwindigkeit	
L-Flansch zwischen Sektion 10 und Sektion 9	500 Nm 24 bolts	2 Tage und	die maximale Windgeschwindigkeit in 10 Metern Höhe darf einen 10 Minuten-Mittelwert von 7 m/s nicht überschreiten
L-Flansch zwischen Sektion 10 und Sektion 9 mit Maßnahmen, um wirbelerregte Querschwingungen zuverlässig auszuschließen	500 Nm 24 bolts	14 Tage und	die maximale Windgeschwindigkeit in 10 Metern Höhe darf einen 10 Minuten-Mittelwert von 24 m/s nicht überschreiten
L-Flansch zwischen oberster Sektion (11) und Sektion 10	500 Nm 24 Schrauben	2 Tage und	die maximale Windgeschwindigkeit in 10 Metern Höhe darf einen 10 Minuten-Mittelwert von 4 m/s nicht überschreiten
L-Flansch zwischen oberster Sektion (11) und Sektion 10 mit Maßnahmen, um wirbelerregte Querschwingungen zuverlässig auszuschließen	500 Nm 24 Schrauben a	14 Tage und	die maximale Windgeschwindigkeit in 10 Metern Höhe darf einen 10 Minuten-Mittelwert von 24 m/s nicht überschreiten

Tabelle 4: Anforderungen für temporäre Teilvorspannungen

Die angegebene Anzahl von Schrauben ist gleichmäßig auf dem Umfang zu verteilen.

Nach dem Abhängen des Krans darf das Montieren und Vorspannen der Schrauben nicht unterbrochen werden, bis die zulässige Anzahl von Schrauben erreicht ist.

5.1.7 Erdbeben

Einwirkungen aus Erdbeben sind in Dokument [1] auf Basis der DIN EN 1998-1 /11/ für alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen in Deutschland berücksichtigt. Hiermit sind auch alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen nach DIN 4149 /12/ in Deutschland abgedeckt.

D03179711/1.0-de; 2025-10-23 11:39

5.2 Stahlsektionen

5.2.1 Kerbfallkategorien und zusätzlich an der Turmwand befestigte Teile

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

Lage	**Kerbfallkategorie / Anforderung**
Zusätzlich an der Turmwand befestigte Teile	
Bleche gemäß Zeichnungen [6] bis [8]	KFK 71 KFK 100 gemäß [40]
Bleche gemäß Zeichnung [9] bis [16] (geschraubt)	KFK 112
Bohrungen	
Bleche gemäß Zeichnung [6] bis [16] (z.B. für Flugbefeuerungen)	KFK 100 gemäß [40]
Bleche gemäß Zeichnungen [9] to [16] (für vorgespannte Schraubverbindungen)	KFK 112
Bereich Tür	
Angeschraubte Verstärkungsbleche	Keine Anschweißteile
Bereich Turmkopfflansch	
Im vertikalen Abstand von 375 mm zur Schweißnaht des Turmkopfflansches	Keine Anschweißteile oder Löcher erlaubt
Rundnähte (wenn nicht anderes angegeben oben und unten am genannten Blech)	
Stumpfnaht zum Turmkopfflansch	KFK 112
Weitere Nähte gemäß Zeichnungen [6] bis [8]	KFK 100 gemäß [40] KFK 112 gemäß [40]

Tabelle 5: Kerbfallkategorien

Ein Schwellenwert der Ermüdungsfestigkeit wurde nicht angesetzt.

5.2.2 Anbauteile an HRC-Schrauben:

In [39] sowie [1] wurde die Befestigung von Anbauten mit HRC-Schrauben unter folgenden Annahmen nachgewiesen:

- Befestigung von Einbauten an HRC-Schrauben nur an vertikalen Verbindungsblechen.
- Zwischen HRC-Schrauben mit Anbauteil befinden sich in vertikaler Richtung mindestens zwei HRC-Schrauben ohne Anbauteile.
- Blechdicke der Verbindungselemente für die Befestigung von Einbauten mit HRC-Schrauben zwischen 5 und 15 mm.

D03179711/1.0-de; 2025-10-23 11:39

- Feuerverzinkung der Bleche von Verbindungselemente mit einer Nennschichtdicke von ≤ 150 µm.
- Maximale zusätzliche Lasten durch Einbauten (Podeste, Leitern, etc.) gemäß Tabelle 6:

Maximale Lasten pro HRC-Schraube		
In Sektionen mit Eingangspodest		
Lastkombination	Normal [kN]	Schub [kN]
Permanente und variable Lasten	60	40
Permanent, maximale Normalkraft und zeitgleicher Schub	20	20
Permanent, maximale Schubkraft und zeitgleiche Normalkraft	0	30
In Sektionen ohne Eingangspodest		
Lastkombination	Normal [kN]	Schub [kN]
Permanente und variable Lasten	60	40
Permanent, maximale Normalkraft und zeitgleicher Schub	5	5
Permanent, maximale Schubkraft und zeitgleiche Normalkraft	0	10

Tabelle 6: Lastannahmen für Anbauteile an HRC-Schrauben

5.2.3 Nachweis der gleitfesten Schraubverbindungen mit HRC-Schrauben

Die HRC-Schraubverbindungen wurden gemäß der Design Guideline für eine „wartungsfreie" Verbindung [37] berechnet. Die gleitfesten Schraubenverbindungen mit HRC-Schrauben werden gemäß der Anziehanweisung [36] eingebaut und erhalten eine Oberflächenbeschichtung gemäß [34] und [35].

Die Design Guideline für eine „wartungsfreie“ Verbindung [37] und der generische Nachweis für die Befestigung von Anbauten mit HRC-Schrauben [39] wurden mit der Gutachterlichen Stellungnahme [38] bestätigt. Ein Nachspannen der Verbindung nach dem erstmaligen Anziehen ist nicht erforderlich. Die HRC-Schraubenverbindungen sind jedoch im Rahmen der wiederkehrenden Prüfungen zumindest visuell zu inspizieren, siehe Auflage 25.

5.2.4 Anziehen von Schrauben in Ringflanschverbindungen:

Das Vorgehen beim Anziehen der Schrauben in Ringflanschverbindungen ist in [4] definiert. Die planmäßige Vorspannkraft der Schrauben ist gemäß diesen Vorgaben zu kontrollieren und nachzuspannen, siehe Auflage 26.

5.2.5 Nachweis der Feuerwiderstandsdauer

Die Standsicherheit im Brandfall wurde nach DIN EN 1993-1-2 /6/ für eine Bauteiltemperatur von 300°C geprüft.

D03179711/1.0-de; 2025-10-23 11:39

6 Prüfergebnis

Die Berechnungen und die zugehörigen Konstruktionszeichnungen für den geprüften Stahlrohrturm inklusive dem Ankerkorb entsprechen den in Abschnitt 2.1 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.

Auflagen

Allgemein

1. Sollten Schwingungsphänomene festgestellt werden, die in den Lastannahmen in [27] und [28] 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 in den Lastdokumenten [27] und [28] zu begrenzen.
3. Die in Abschnitt 5.1 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 5.1 eingehalten wird.
5. Für Bauzustände und Stillstandszeiten der Anlage sind die Angaben in Abschnitt 5.1 bezüglich der maximalen Dauer und maximal zulässiger Windgeschwindigkeit einzuhalten. Falls dies nicht möglich ist oder die Gondel zu einem späteren Zeitpunkt vom Turm genommen wird sowie für Schwingungsformen oder Bauzustände, die nicht in Abschnitt 5.1 aufgeführt sind, sind geeignete Maßnahmen zur Verhinderung von wirbelerregten Querschwingungen zu treffen.
6. Für temporäre Teilvorspannungen von Schraubverbindungen sind die Angaben in Abschnitt 5.1 einzuhalten. Dies betrifft insbesondere die Verhinderung von wirbelerregten Querschwingungen. Falls dies nicht gewährleistet werden kann, sind alle Schrauben der Verbindung zu montieren und vollständig vorzuspannen.

Stahlsektionen

7. 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.
8. Die Stahlsektionen dürfen nur von Herstellern mit einer Qualifizierung gemäß DIN EN 1090-1 für mindestens Ausführungsklasse EXC3 gefertigt werden.
9. Die Fertigung des Hybridstahlturms muss den Anforderungen der DIN EN 1090-2 Ausführungsklasse EXC3 entsprechen.

D03179711/1.0-de; 2025-10-23 11:39

10. Die in den Dokumenten [6] bis [8] angegebenen Toleranzen für Ebenheit und Konizität der Flansche dürfen nicht überschritten werden.
11. Die Anschlusspunkte aller zusätzlich an die Turmwand angeschweißten Teile (z.B. Besteigeeinrichtungen) müssen mindestens den in Abschnitt 5.2 angegebenen Kerbfallkategorien entsprechen. Dabei sind die erhöhten Fertigungsanforderungen gemäß [40] zu beachten.
12. Die Schweißnähte des Turmes müssen den Anforderungen der Kerbfallklassen gemäß Abschnitt 5.2 entsprechen. Dabei sind die erhöhten Fertigungsanforderungen gemäß [40] zu beachten.
13. Die Schrauben der Turmzwischenflansche sind gemäß Dokument [4] vorzuspannen.
14. Die Prüfung des Turmkopfflansches mit der Schweißverbindung in seinem Einflussbereich, seines Radius und der Schraubverbindung zur Maschine sind in die Prüfung der Maschine einzubeziehen.
15. Ohne zusätzlichen Nachweis dürfen im vertikalen Abstand von 375 mm zur Schweißnaht des Turmkopfflansches keine zusätzlichen Teile angeschweißt werden.
16. Die Bestimmungen der allgemeinen Bauartgenehmigung [40] in der hier spezifizierten Fassung sind zu beachten.
17. Zum Zeitpunkt der Herstellung des Turmes ist eine gültige Version der Bauartgenehmigung [40] vorzulegen und gegebenenfalls die Gleichwertigkeit mit der hier zitierten Version nachzuweisen.
18. HRC-Schrauben sind gemäß den Angaben in der Anziehspezifikation [36] einzubauen. Die Bohrungen müssen so fluchten, dass die Schrauben ohne nennenswerten Kraftaufwand in die Bohrungen gesteckt werden können.
19. Die im Abschnitt 5.2 beschriebenen Annahmen für die Befestigung von Anbauteilen an HRC-Schrauben sind einzuhalten.

Ankerkorb

20. In der statischen Berechnung des Fundaments sind die in [3] getroffenen Annahmen bezüglich Geometrie und Betonfestigkeiten zu bestätigen, anderenfalls sind neue Nachweise des Ankerkorbs und der Lasteinleitung in den Beton zu führen.
21. In der statischen Berechnung des Fundaments ist eine Spaltzugbewehrung für die Lasteinleitung nachzuweisen.
22. Die Ankerbolzen sind gemäß Dokument [23] vorzuspannen.
23. Der Zeitpunkt des Erreichens der erforderlichen Festigkeit des Betons für das Vorspannen der Ankerbolzen ist zu bestimmen und durch fachgerecht, unter Berücksichtigung der standortspezifischen Umgebungsbedingungen gelagerte Proben zu überprüfen und zu dokumentieren.
24. Ein ausreichender Korrosionsschutz der Ankerbolzen ist sicherzustellen.

D03179711/1.0-de; 2025-10-23 11:39

Prüfintervalle

25. Die Anforderungen an die wiederkehrende Prüfung gemäß der DIBt-Richtlinie /1/ sind zu beachten. Die gleitfesten Schraubenverbindungen mit Schrauben mit kalibrierter Vorspannkraft (HRC-Schrauben) sind in den wiederkehrenden Prüfungen zumindest durch eine visuelle Inspektion zu berücksichtigen.
26. Die planmäßige Vorspannung der Schraubverbindungen in Ringflanschen ist gemäß den Vorgaben in [4] erneut zu kontrollieren und nachzuspannen.
27. Die planmäßige Vorspannung der Ankerbolzen ist gemäß [23] zu kontrollieren und ggf. durch Nachspannen zu korrigieren.

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

J. Keller

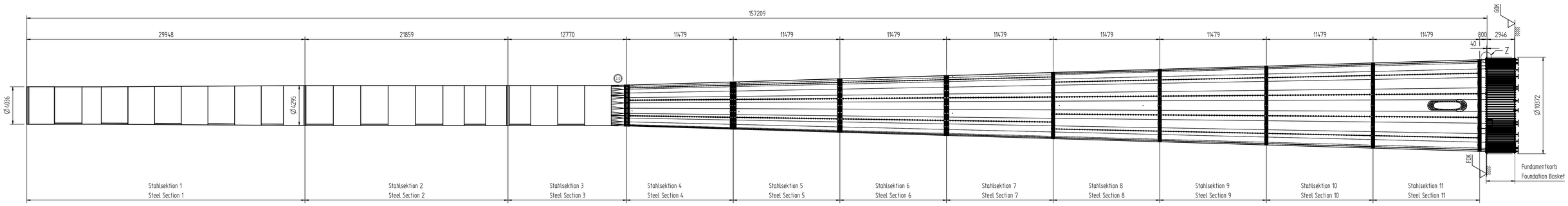
I. Keller

Der Leiter

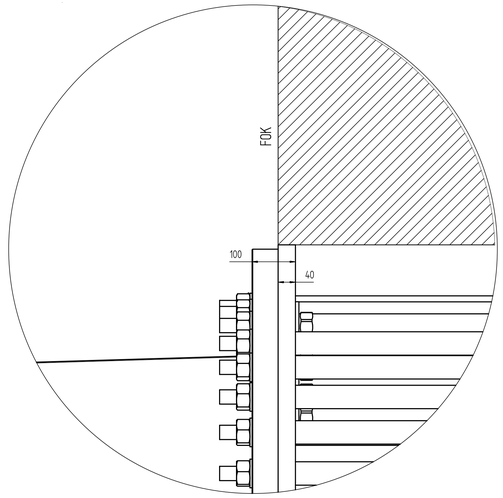
S. Mayer

i.V. S. Mayer

D03179711/1.0-de; 2025-10-23 11:39



Z (1:5)



Stahlsektion Steel Section	Zeichnungs-Nr. Drawing- No.
1	D03097707/2.0
2	D03097708/2.0
3	D03097709/3.0
4	D03097710/2.1
5	D03097711/2.1
6	D03097712/1.0
7	D03097713/1.0
8	D03097714/2.0
9	D03097715/1.0
10	D03097716/1.0
11	D03097717/2.0
Fundamentkorb Foundation Basket	D03096733/1.1

Turmhöhe über Fundament Tower height above TOP Foundation	157,169 m
Nabenhöhe über OK Fundament Hub height above TOP Foundation	159,020 m
Nabenhöhe über OK Gelände Hub height above TOP Ground	162,020 m

FOK: Fundamentoberkante / TOP foundation
GOK: Gelandeoberkante / TOP ground

Ra 12,5 — Kanten/edges ISO 13715

Reviewed
see report no.: 4144246-6-6-6 Rev. 1
dated: 2025-10-16
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Wind Energy Systems

In bautechnischer Hinsicht geprüft.
siehe Prüfbericht Nr. 4144246-6-6-6 Rev. 1
vom: 16.10.2025
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Prüfamt für Standsicherheit
von Windenergieanlagen

©This drawing is owned by ENERCON GmbH.
It is copyrighted and at the same time
a trade secret according to §§ 2, 17 UWG.
ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten.
Diese Zeichnung ist Eigentum der Firma ENERCON GmbH.
Sie ist urheberrechtlich und zugleich nach §§ 2, 17 UWG
als Betriebsgeheimnis im Sinne des § 17 UWG ges.

ENERCON
ENERGY FOR THE WORLD

	ST / AR	Nr / Nr.
Ersatz für / Replaces	2025-08-07	00053154
Ersatz durch / Superseded by	2025-08-07	00039438

Released at / by / Freigegeben am / von
2025-08-07 14:06,
WF0005591717

Allgemeintoleranz nach / General tolerances acc. to DIN ISO 2768 vL
Oberfläche nach / surface acc. to DIN EN ISO 21920

Maßstab / Scale	Gewicht netto / Net Weight
1:150	701036,439 kg

Benennung / Item/Count: TL

Dokument-Typ / Document: Layout drawing
Übersichtszeichnung

Hybrid steeltower
E-175 EP5 E1 & E2-HST-162-FB-E-01
Hybrider Stahlturm
E-175 EP5 E1 & E2-HST-162-FB-E-01

Benennung Nabe / Name Hub | Zeichnung Nabe / Drawing Hub | Zeichnungsnummer

D03132078/2.0-de/en

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
TO 12
MÜNCHEN

PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE
BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN

Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.

Prüfbericht für eine Typenprüfung

Datum: 20.08.2025

Bericht Nr.: **4144246-8-d-7 Rev. 0**

Objekt: **Prüfung der Standsicherheit – Gründung**
Windenergieanlagen ENERCON E-175 EP5 E1 und
ENERCON E-175 EP5 E2
Turm: E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01 und E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01
Nabenhöhe: 162 m
Windzone S

Hier: Flachgründung Ø = 25,50 m

Prüfgrundlage: DIBt-Richtlinie 2012

Auftraggeber: ENERCON Global GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Deutschland

Gültig bis: 19.08.2030

Unsere Zeichen:
IS-ESW-MUC

Dokument:
4144246-8-d-7_Rev0_ENERCON_E-175_EP5_E2-HST-162-FB-C-01_FG.docx

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 tuvsud.com/impressum

Aufsichtsrat:
Walter Reithmaier (Vors.)
Geschäftsführung:
Simon Kellerer (Sprecher)
Thomas Kainz
Ferdinand Neuwieser
Paula Pias Peleteiro

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Prüfamt für Standsicherheit für die Bautechnische Prüfung von Windenergieanlagen
Westendstraße 199
80686 München
Deutschland
Telefon: 089 5791-3146

tuvsud.com/de-is
Telefon: 089 5791-4001

Revision	Datum	Änderungen
0	20.08.2025	Erstfassung

Inhaltsverzeichnis

1 Dokumente ... 3
1.1 Geprüfte Dokumente ... 3
1.2 Eingesehene Dokumente ... 3
2 Prüfgrundlage ... 4
2.1 Angewendete Richtlinien und Normen ... 4
2.2 Berücksichtigte Richtlinien und Normen ... 4
3 Beschreibung ... 4
3.1 Baustoffe ... 5
3.2 Lastannahmen ... 5
3.3 Baugrund ... 5
4 Prüfumfang ... 6
5 Bemerkungen ... 6
5.1 Allgemein ... 6
5.2 Ausführungsvarianten ... 6
5.3 Schnittstellen ... 7
5.4 Schiefstellung des Turms ... 7
6 Prüfergebnis ... 7
Auflagen ... 7

1 Dokumente

1.1 Geprüfte Dokumente

Folgende Dokumente wurden zur Prüfung vorgelegt:

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[1]	Statische Berechnung E-175 EP5 E1&E2-HST-162-FB-C-01	ENERCON	D03128223 Rev. 1.1	2025-08-11
[2]	Technisches Datenblatt E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01, E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01	ENERCON	D03118182 Rev. 2	2025-08-04
[3]	Schalplan Flachgründung	ENERCON	D03123429 Rev. 1	2025-07-31
[4]	Bewehrungsplan unten Flachgründung (B500)	ENERCON	D03123430 Rev. 1	2025-07-30
[5]	Bewehrungsplan oben Flachgründung (B500)	ENERCON	D03123431 Rev. 1	2025-07-30

1.2 Eingesehene Dokumente

Folgende Dokumente wurden im Rahmen der Prüfung zusätzlich herangezogen:

1.2.1 Lasten und Konstruktionsbasis

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[6]	Design Base E-175 EP5 E1 / E-175 EP5 E2	ENERCON	D02833990 Rev. 0.5	2024-10-17
[7]	Turmfußlasten E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01	ENERCON	D03106937 Rev. 1.0	2025-03-10
[8]	Turmfußlasten E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01	ENERCON	D03096717 Rev. 3.0	2025-07-04

1.2.2 Ankerkorb, Turm und weitere Unterlagen

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[9]	Prüfbericht für eine Typenprüfung, Prüfung der Standsicherheit – Hybridstahlturm mit Ankerkorb E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01 / E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01	TÜV SÜD	4144246-6-d-6 Rev. 0	2025-08-20
[10]	Datenblatt: Fundamentkorb Geometrie	ENERCON	D03096733 Rev. 1.1	2025-06-24
[11]	Fundamentkorb Geometrie Skizzen HST	ENERCON	D02915818 Rev. 2.0	2023-11-24
[12]	Technische Spezifikation Anforderungen Zusatzbelastung Fundamentanschüttung und Fundamentauflast	ENERCON	D02768819/1.0-de	2022-10-24
[13]	Spezifikation – Betonierablauf & Qualitätssicherung	ENERCON	D02109344-5.1-de	2021-10-15

2 Prüfgrundlage

2.1 Angewendete Richtlinien und Normen

Die Prüfung der Unterlagen erfolgte gemäß folgenden Richtlinien und Normen:

Ref.	Nummer	Titel
/1/	DIBt 2012	Richtlinie für Windenergieanlagen, korrigierte Version 2015
/2/	DIN EN 1991-1-1:2010 + NA:2010 + NA/A1:2015	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke –Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau
/3/	DIN EN 1992-1-1:2011 + A1:2015 + NA:2013 + NA/A1:2015	Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetonbauwerken – Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
/4/	DIN EN 1997-1:2009 + NA:2010	Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Allgemeine Regeln
/5/	DIN 1054:2021	Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
/6/	DIN EN 1998-1:2010 + NA:2011	Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten
/7/	DIN 4149:2005	Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten

2.2 Berücksichtigte Richtlinien und Normen

Zur Prüfung wurden zusätzlich folgende Normen und Richtlinien herangezogen:

Ref.	Nummer	Titel
/8/	DAfStb Heft 600	Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2), Ausgabe 2012

3 Beschreibung

Die Hybrid-Stahlürme E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01 und E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01 für die Windenergieanlagen vom Typ ENERCON E-175 EP5 E1 und ENERCON E-175 EP5 E2 mit 162 m Nabenhöhe werden mit vorgespannten Ankerbolzen und einem einbetonierten Ankerring in einem Stahlbetonfundament verankert.

Die Flachgründung besteht aus einer kreisförmigen Fundamentplatte mit 25,50 m Außendurchmesser mit veränderlicher Höhe sowie einem darauf aufgesetzten Sockel. Der Turmfußflansch wird ohne Mörtelfuge direkt in den Fundamentbeton gemäß Spezifikation [13] eingelassen, siehe dazu auch Auflage 9.

In der Mitte des Fundaments wird ein kreisrunder Bereich mit unbewehrtem Beton ausgeführt.

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

3.1 Baustoffe

In Tabelle 1 sind die verwendeten Baustoffe angegeben.

Bauteil	Baustoff	Bezugsnorm / Zulassung
Beton Fundamentplatte	C35/45	DIN EN 1992-1-1
Bewehrung	B500 B	DIN EN 1992-1-1

Tabelle 1: Baustoffe

3.2 Lastannahmen

In Tabelle 2 sind die berücksichtigten Varianten der Windenergieanlage zusammen mit den zugehörigen Lastannahmen und Prüfberichten angegeben.

Anlagenvariante	Lastdokument	Prüfbericht
E-175 EP5 E1	D03106937 Rev. 1.0 [7]	4144246-6-d-6 Rev. 0 [9]
E-175 EP5 E2	D03096717 Rev. 3.0 [8]	

Tabelle 2: Turbinenvarianten und zugehörige Lastdokumente

Die dimensionierenden Lasten für die Fundamentauslegung gemäß der obenstehenden Tabelle wurden mit dem dort genannten Prüfbericht bestätigt und werden als richtig vorausgesetzt.

In der statischen Berechnung des Fundaments [1] wurden die Lasten aus der Revision 2.0 des Lastdokuments [8] verwendet. Die Lasten aus Revision 2.0 und der geprüften Revision 3.0 des Lastdokuments [8] sind identisch.

Die angesetzte Entwurfslebensdauer der Windenergieanlage beträgt 25 Jahre.

Einwirkungen aus Erdbeben wurden wie in [9] beschrieben berücksichtigt.

Für Bau- und Wartungszustände wurde auf der Oberseite der Fundamentplatte eine Verkehrslast von 5 kN/m² sowie zwei Auflasten von 11 t auf einer Fläche von je 5x1 m berücksichtigt.

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

3.3 Baugrund

In der statischen Berechnung wurden unter Berücksichtigung der Nachgiebigkeit des Fundaments die folgenden im Technischen Datenblatt [2] zusammengefassten erforderlichen Drehfedersteifigkeiten des Baugrunds bestimmt:

- $k_{\varphi,dyn,subsoil} \geq 175{,}5$ GNm/rad und
- $k_{\varphi,stat,subsoil} \geq 20{,}5$ GNm/rad.

Der anstehende Baugrund muss gemäß [2] mindestens eine Bodenpressung von 285 kN/m² aufnehmen können (charakteristischer Wert, Kantenpressung).

Das Fundament wird als erhöhtes Fundament ausgeführt, wobei die Unterkante der 10 cm starken Sauberkeitsschicht auf Höhe der ursprünglichen Geländeoberkante liegt. Der höchste für den Lastfall Auftrieb nachgewiesene Wasserstand liegt bei Oberkante Gelände, sodass nur die Vertiefung unterhalb des Fundamentsockels Auftrieb erfährt.

4 Prüfumfang

Dieser Prüfbericht für eine Typenprüfung umfasst die Prüfung hinsichtlich der Standsicherheit des in Abschnitt 3 beschriebenen Fundaments auf Basis der in Abschnitt 2.1 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.

Die Überprüfung der Standorteignung sowie des Blitzschutz-/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.

Die zur Prüfung vorgelegten Unterlagen beinhalten Text in mehreren Sprachen. Im Rahmen der Bewertung wurden nur die Inhalte in deutscher Sprache berücksichtigt.

5 Bemerkungen

5.1 Allgemein

Wenn nicht anders angegeben, wurden die eingereichten Nachweise durch Vergleichsrechnung geprüft.

Die Bauteile wurden für die Lasten in den in Tabelle 2 angegebenen Dokumenten nachgewiesen.

Die in den eingereichten Unterlagen angegebenen rechnerischen Restsicherheiten werden nicht bestätigt. Es können jedoch ausreichende Sicherheiten im Hinblick auf die Bewertungsgrundlage in Abschnitt 2.1 bestätigt werden.

Die vorgelegten Zeichnungen wurden auf Übereinstimmung mit den Annahmen der Berechnung geprüft. Die vorgelegten Spezifikationen wurden auf Übereinstimmung mit den relevanten Parametern der Berechnungen überprüft.

Die Anforderungen an die Herstellungsprozesse, die zum Erreichen der im Rahmen der Konstruktion angenommene Qualität erforderlich sind, werden als geeignet angesehen.

5.2 Ausführungsvarianten

Das Fundament kann wahlweise ohne Arbeitsfugen oder abschnittsweise gemäß [3] hergestellt werden.

Zudem sind im Bereich des Sockels zwischen Fundament und Baugrund zwei Ausführungsvarianten bezüglich der Weichschicht gemäß [3] vorgesehen:

- Variante A: Mit einer kompressiblen Einlage aus EPS gemäß DIN EN 13163.
  Im Bereich der Einlage wird in der Berechnung eine reduzierte Bettungssteifigkeit angesetzt.
- Variante B: Mit einer Setzungsplatte Typ „Egcovoid“ des Herstellers Max Frank.
  Die Setzungsplatte kann im Bauzustand die Belastung aus dem Frischbeton des Fundaments aufnehmen. Vor Inbetriebnahme der Anlage wird gemäß Angaben des Herstellers

sichergestellt, dass im Betriebszustand keine Lasten in diesem Bereich übertragen werden.

5.3 Schnittstellen

Die Nachweise des Ankerkorbs (bestehend aus Ankerbolzen und Ankerring) gemäß [10] und [11] sowie der Lasteinleitung in den Beton des Fundaments wurden mit Prüfbericht [9] bestätigt. Mit diesem Prüfbericht für das Fundament wird bestätigt, dass die in der statischen Berechnung des Ankerkorbs getroffenen Annahmen mit den Randbedingungen dieses Fundaments übereinstimmen und die Prüfaussage in [9] für dieses Fundament gültig ist.

5.4 Schiefstellung des Turms

Die Lasten aus [7] und [8] enthalten bereits Effekte aus einer Turmschiefstellung, aus Differenzsetzungen des Fundaments sowie aus einer zusätzlichen Schiefstellung infolge der Berücksichtigung statischer Bodenkennwerte. Details zur Schiefstellung können dem Prüfbericht zum Turm [9] entnommen werden.

6 Prüfergebnis

Die Berechnungen und die zugehörigen Konstruktions- und Bewehrungszeichnungen für das Fundament entsprechen den in Abschnitt 2.1 genannten Normen und Richtlinien und sind im Wesentlichen vollständig und richtig.

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

Auflagen

Baugrund

1. Die vorhandenen Bodenkennwerte, die Zuordnung des Bodens zu Expositionsklassen nach DIN EN 1992-1-1 und der höchste für den Auftrieb maßgebende Wasserstand sind für den jeweiligen Standort zu ermitteln und im geotechnischen Untersuchungsbericht zu beschreiben.
2. Falls unter dem Fundament die kompressible Einlage EPS zum Einsatz kommt (Variante A in Kapitel 5.2), ist in Anlehnung an IEC 61400-6, Abschnitt 8.5.3.4 durch den Baugrundgutachter zu bestätigen, dass die folgenden Anforderungen an den Baugrund erfüllt sind:
    a. Hohe oder schwankende Grundwasserstände, die zu hohem Porenwasserdruck oder Erosion des Bodens unter dem Fundament bei längerer zyklischer Belastung führen können, sind nicht vorhanden.
    b. Es ist nicht zu erwarten, dass zyklische Belastungen zu einer starken Verringerung der Steifigkeit des Bodens führen.
    c. Der Boden wird als nicht anfällig für eine Festigkeitsminderung unter wiederholter zyklischer Belastung eingestuft.
3. Grundbautechnische Berechnungen sind im Rahmen des geotechnischen Entwurfsberichts durchzuführen. Die Schnittgrößen an Fundamentunterkante sind in [2] angegeben.

4. 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, wenn die Werte für $k_{\varphi,dyn/stat,subsoil}$ gemäß Abschnitt 3.3 für den Baugrund nachgewiesen werden.
5. 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.

Ausführung Fundament

6. Falls unter dem Fundament die Setzungsplatte zum Einsatz kommt (Variante B in Kapitel 5.2), muss in der Ausführung sichergestellt werden, dass im Bereich der Setzungsplatte im Betriebszustand keine Lasten auf den Boden übertragen werden.
7. Sollte Expositionsklasse XA oder XS gemäß DIN EN 1992-1-1 abweichend von den in Schal- und Bewehrungsplänen gewählten Expositionsklassen am Standort zu berücksichtigen sein, so sind gegebenenfalls zusätzliche Maßnahmen zum Schutz des Betons und der Bewehrung zu ergreifen.
8. Zur Begrenzung der Rissbildung infolge Hydratationswärmeentwicklung sind geeignete betontechnologische Maßnahmen zu ergreifen.
9. Es muss sichergestellt werden, dass zwischen Turmfußflansch und Fundamentbeton auch nach dem Kriechen und Schwinden des Betons gleichmäßiger und vollständiger Kontakt vorliegt.
10. Das Fundament ist mit einer Bodenaufschüttung gemäß [3] dauerhaft zu überschütten. Das Material der Überschüttung muss die in [3] spezifizierte Mindestwichte im Trockenzustand aufweisen und muss maschinell verdichtet werden. Die Überschüttung muss gleichmäßig über den Umfang verteilt sein.

Prüfintervalle

11. Die Anforderungen an die wiederkehrenden Prüfungen gemäß 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
Prüfamt für Standsicherheit für die
bautechnische Prüfung von Windenergieanlagen

Der Bearbeiter

F. Singer

Der Leiter

i.V. S. Mayer

Technisches Datenblatt
Technical Data Sheet

E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01

E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01

Flachgründung
Flat Foundation

WZ S (DIBt-Richtlinie, Fassung Oktober 2012)
WTC WK S (IEC 61400-1, 4th Edition, 2019-02)

© ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

Reviewed
see report no.: 4144246-8-e-7 Rev. 0
dated: 2025-08-20
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Wind Energy Systems

In bautechnischer Hinsicht geprüft.
siehe Prüfbericht Nr.: 4144246-8-d-7 Rev. 0
vom: 20.08.2025
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Prüfamt für Standsicherheit
von Windenergieanlagen

Checked by parallel computations

Durch Vergleichsrechnung geprüft

TÜV SÜD Industrie Service GmbH MÜNCHEN

ENERCON
ENERGY FOR THE WORLD

Released: 2025-08-04 12:16

Herausgeber

ENERCON Global GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109
E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
Geschäftsführer: Uwe Eberhardt, Ulrich Schulze Südhoff
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 202549
Ust.Id.-Nr.: DE285537483

Urheberrechtshinweis

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

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

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

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

Geschützte Marken

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

Änderungsvorbehalt

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

Publisher

ENERCON Global GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Germany
Phone: +49 4941 927-0 ▪ Fax: +49 4941 927-109
E-mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
Managing Directors: Uwe Eberhardt, Ulrich Schulze Südhoff
Local court: Aurich ▪ Company registration number: HRB 202549
VAT ID no.: DE285537483

Copyright notice

The entire content of this document is protected by copyright and – with regard to other intellectual property rights – international laws and treaties. ENERCON Global GmbH holds the rights in the content of this document unless another rights holder is expressly identified or obviously recognisable.

ENERCON Global GmbH grants the user the right to make copies and duplicates of this document for informational purposes for its own intra-corporate use; making this document available does not grant the user any further right of use. Any other duplication, modification, dissemination, publication, circulation, surrender to third parties and/or utilisation of the contents of this document – also in part – shall require the express prior written consent of ENERCON Global GmbH unless any of the above is permitted by mandatory legislation.

The user is prohibited from registering any industrial property rights in the know-how reproduced in this document, or for parts thereof.

If and to the extent that ENERCON Global GmbH does not hold the rights in the content of this document, the user shall adhere to the relevant rights holder's terms of use.

Registered trademarks

Any trademarks mentioned in this document are intellectual property of the respective registered trademark holders; the stipulations of the applicable trademark law are valid without restriction.

Reservation of right of modification

ENERCON Global GmbH reserves the right to change, improve and expand this document and the subject matter described herein at any time without prior notice, unless contractual agreements or legal requirements provide otherwise.

© ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

Released: 2025-08-04 12:16

TÜV SÜD Industrie Service GmbH TÜ 12 MÜNCHEN

Dokumentinformation / Document details

Dokument-ID Document ID	D03118182-2.0
Vermerk Note	Originaldokument Original document

Datum Date	**Sprache** Language	**DCC**	**Werk / Abteilung** Plant / Department
2025-03-28	de;en	DA	WRD / Turbine Structure

Ergänzende Angaben / Additional notes

Angaben zum Original (ger;eng) **Original document details**		**Angaben zur Übersetzung (--)** **Translation details**	
Erstellt/Datum: Created/Date:	Villada Gonzalez, J. / 2025-02-11	Übersetzt/Datum: Translated/Date:	
Geprüft/Datum: Checked/Date:	Cygon, K. / 2025-02-11	Geprüft/Datum: Checked/Date:	

Revisionen / Revisions

Rev.	Datum/Date	Änderung/Change	Erstellt/Created
0	2025-02-11	Dokument erstellt Document created	JAV
1	2025-03-28	Stahlgewicht B500 gem. Zeichnungen, Baugrund-Drehfedersteifigkeit aktualisiert Steel weight B500 acc. to drawings, subsoil rotational spring stiffness updated	KCY
2	2025-08-04	Stahlgewicht B500 gem. Zeichnungen, Baugrund-Drehfedersteifigkeit aktualisiert und Informationen zur Kompressible Einlage wurden hinzugefügt Steel weight B500 acc. to drawings, subsoil rotational spring stiffness updated and information about Compressible layer has been added	EKA

Dieses Dokument wurde auf Anfrage bzw. für einen bestimmten Auftrag verschickt. Der Empfänger wurde nicht registriert.
Der Empfänger wird bei Änderung nicht automatisch informiert.

This document has been forwarded upon request or with regard to a specific order. The recipient has not been registered.
The recipient will not be automatically notified about any amendments.

© ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

1 Allgemeine Angaben / General information

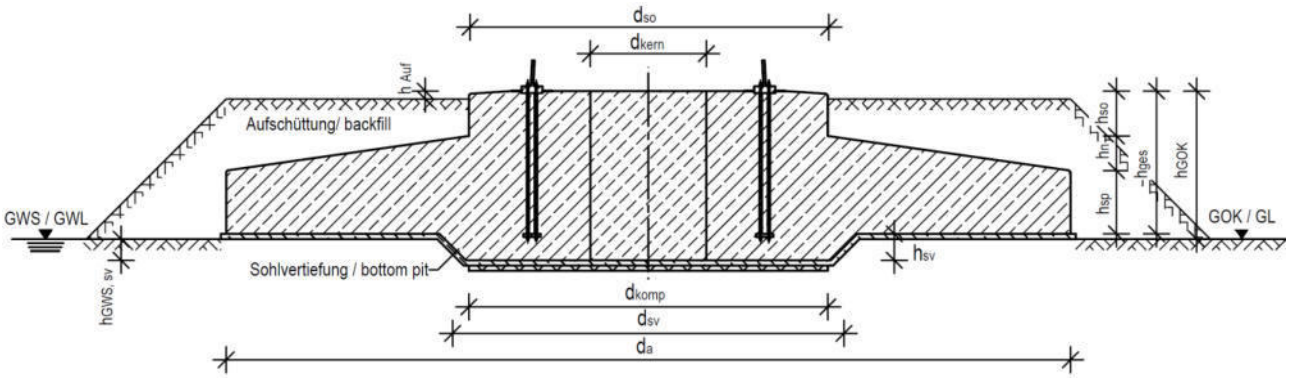
Statische Berechnung	ENERCON GmbH	*Structural analysis*
Flachgründung	Ø 25,50 m	*Flat foundation*
Dokument ID	D03128223	*Document ID*

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
TÜ 12
MÜNCHEN

Released: 2025-08-04 12:16

2 Fundamentgeometrie / Foundation dimensions

Außendurchmesser	d_a	25,50	m	***Outer diameter***
Sockeldurchmesser	d_{so}	12,00	m	***Base diameter***
Durchmesser Fundamentkern	d_{kern}	7,20	m	***Diameter of foundation core***
Durchmesser kompressible Einlage	d_{komp}	12,00	m	***Compressible layer diameter***
Fundamenthöhe	h_{ges}	2,90	m	***Foundation height***
Sockelhöhe	h_{so}	0,40	m	***Base height***
Höhe Spornneigung	h_n	0,90	m	***Spur incline height***
Spornhöhe	h_{sp}	1,60	m	***Spur height***
Mittlerer Durchmesser Sohlvertiefung	d_{sv}	12,50	m	***Average diameter of bottom pit***
Höhe Sohlvertiefung	h_{sv}	0,50	m	***Height of bottom pit***
Höhe OK Fundament bis OK Aufschüttung	h_{Auf}	0,15	m	***Height from top of foundation to top of backfill***
Höhe OK Fundament bis OK Gelände	h_{GOK}	3,00	m	***Height from top of foundation to ground level***
Höhe maximal zulässiger Grundwasserstand GWS über Sohlvertiefung	$h_{GWS,sv}$	0,40	m	***Height of maximum permissible groundwater level GWL above bottom pit***
Fundamentvariante DIBt/IEC: Betongüte und Volumen	C 35/45	1183	m³	***Foundation option DIBt/IEC: Concrete quality and volume***
Stahlgewicht				***Steel weight***
mit Arbeitsfuge	B 500B	100,9	t	***with construction joint***
ohne Arbeitsfuge	B 500B	99,6	t	***without construction joint***
Fundamentvariante IEC: Betongüte und Volumen	C 35/45	1183	m³	***Foundation option IEC: Concrete quality and volume***
Stahlgewicht				***Steel weight***
mit Arbeitsfuge	B 400B	-	t	***with construction joint***
ohne Arbeitsfuge	B 400B	-	t	***without construction joint***



© ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

Released: 2025-08-04 12:16

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
TÜ 12
MÜNCHEN

3 Baugrund-Mindestdrehfedersteifigkeit Subsoil minimum rotational spring stiffness

Die folgenden Mindestwerte für die Drehfedersteifigkeit des Baugrundes müssen standortspezifisch nachgewiesen werden:

The following minimum values for the rotational spring stiffness of the subsoil must be verified site-specific:

Statische Drehfeder	**$k_{\varphi,stat,subsoil}$ = 20525 MNm/rad**	***Static rotational spring***
Dynamische Drehfeder	**$k_{\varphi,dyn,subsoil}$ = 175487 MNm/rad**	***Dynamic rotational spring***

Die Einhaltung der angegebenen Werte ist durch einen geotechnischen Sachverständigen zu bestätigen.

Compliance with the specified values must be confirmed by a geotechnical expert.

4 Zulässige Setzungen / Permissible settlements

Maximal zulässige Differenzsetzung und Gesamtsetzung in 25 Jahren, bezogen auf den Außendurchmesser:

Maximum permissible differential settlement and total settlement within 25 years, related to the outer foundation diameter:

Differenzsetzung (Schiefstellung)	**$\Delta s \leq 3$ mm/m**	***Differential settlement (misalignment)***
Gesamtsetzung	**$s_{ges.} \leq 15$ cm**	***Total settlement***

5 Bodenpressung / Soil bearing pressure

Der anstehende Baugrund muss mindestens folgende Bodenpressung aufnehmen können:

The in-situ subsoil must be able to bear at least the following soil pressure:

Kantenpressung	**max σ_k = 285 kN/m²**	***Edge pressure***

Die Einhaltung des angegebenen Wertes ist durch einen geotechnischen Sachverständigen zu bestätigen.

Compliance with the specified value must be confirmed by a geotechnical expert.

6 Sohlreibungswinkel / Angle of internal friction

Mindestreibungswinkel des Baugrundes unterhalb des Gründungskörpers:

Minimum friction angle of the subsoil below the foundation body:

ϕ = 11°

Die Einhaltung des angegebenen Wertes ist durch einen geotechnischen Sachverständigen zu bestätigen.

Compliance with the specified value must be confirmed by a geotechnical expert.

© ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

Released: 2025-08-04 12:16

TÜV SÜD Industrie Service GmbH TÜ 12 MÜNCHEN

7 Kompressible Einlage / Compressible layer

Zwei Optionen stehen als kompressible Einlage unterhalb des Sockels zur Verfügung: Egcovoid®-Setzungsplatten des Herstellers Max Frank oder Platten aus EPS. Wenn möglich, sollte die Variante mit EPS-Material bevorzugt werden.

Falls eine kompressible Einlage aus EPS zum Einsatz kommt ist in Anlehnung an IEC 61400-6, Abschnitt 8.5.3.4 durch den Baugrundgutachter zu bestätigen, dass die folgenden Anforderungen an den Baugrund erfüllt sind:

1) Hohe oder schwankende Grundwasserstände, die zu hohem Porenwasserdruck oder Erosion des Bodens unter dem Fundament bei längerer zyklischer Belastung führen können, sind nicht vorhanden.

2) Es ist nicht zu erwarten, dass zyklische Belastungen zu einer starken Verringerung der Steifigkeit des Bodens führen.

3) Der Boden ist nicht anfällig für eine Festigkeitsminderung unter wiederholter zyklischer Belastung bis zum angegebenen Belastungsniveau (Lastfall NTM DLC D.3).

Wenn alternativ Egcovoid®-Setzungsplatten des Herstellers Max Frank verwendet werden, sind keine Anforderungen an den Baugrund zu erfüllen.

Two options are available as a compressible layer beneath the base: Egcovoid® settlement plates from the manufacturer Max Frank or EPS plates. If possible, the variant using EPS material should be preferred.

If a EPS compressible layer is used under the foundation, it must be confirmed by a geotechnical expert, in accordance with IEC 61400-6, Section 8.5.3.4, that the following requirements for the construction site are met:

1. *There are no high or fluctuating groundwater levels that could lead to high pore water pressure or erosion of the soil under the foundation due to prolonged cyclical loading.*
2. *It is not to be expected that cyclic loading will lead to a significant reduction in the stiffness of the soil.*
3. *The soil is considered not to be susceptible to a reduction in strength under repeated cyclic loading at the load level (Load Case NTM DLC D.3).*

If Egcovoid® settlement plates from the manufacturer Max Frank are used as an alternative, no requirements need to be met regarding the subsoil.

© ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

Released: 2025-08-04 12:16

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
TÜ 12
MÜNCHEN

8 Lasten an Fundamentunterkante / Loads at foundation bottom edge

Die hier angegebenen F_Z-Lasten enthalten eine Betonwichte γ = 25 kN/m³ für das Fundament und eine Bodenwichte γ = 18 kN/m³ für die Aufschüttung.

The F_Z loads specified here include a concrete unit weight γ = 25 kN/m³ for the foundation and a soil unit weight γ = 18 kN/m³ for the backfill.

Charakteristische Lastfälle / Characteristic load cases

Lastfall *Load case*	$(\gamma_{G,min}/\gamma_{G,max})$	**F_{XY} in kN**	**$F_{Z,min}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy*	**$F_{Z,max}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy*	**M_{XY} in kNm**	**M_Z in kNm**
NTM DLC D.3	(1.00/1.00)	1090	-45702	-44181	170311	3450
N / T / DLC 8.2	(1.00/1.00)	1480	-45702	-44181	210092	-14100
N / A / T	(1.00/1.00)	1670	-45792	-44181	253243	-16950
DLC 8.1/8.2/8.3	(1.00/1.00)	1090	-45612	-44731	153861	9550

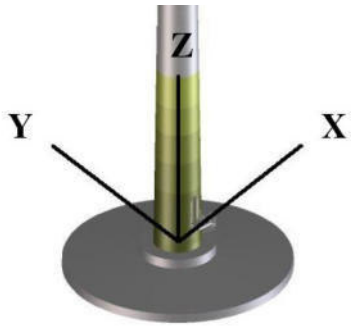
alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte (γ_F = 1,00)

Loads do not include partial safety factors (γ_F = 1.00)

F_Z ständige Lasten
$F_{XY}/M_{XY}/M_Z$ veränderliche Lasten

F_Z permanent loads
$F_{XY}/M_{XY}/M_Z$ variable loads

9 Koordinatensystem / Coordinate system

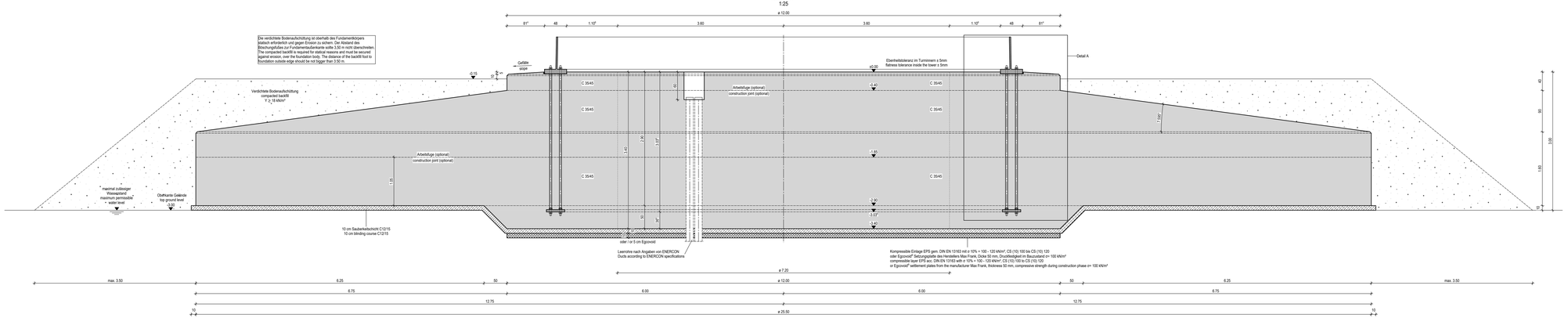


© ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

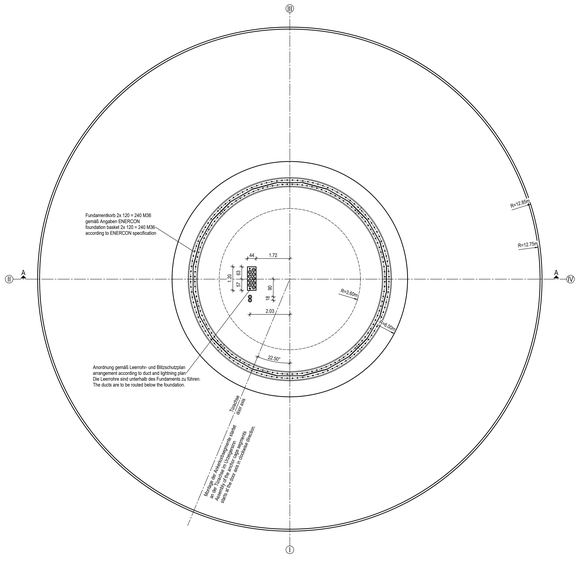
Released: 2025-08-04 12:16

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
TÜ 12
MÜNCHEN

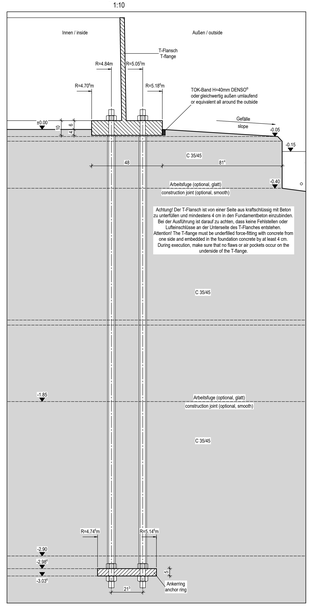
Schnitt A-A
section A-A
1:25



Draufsicht
top view
1:75



Detail A
1:10



Hinweis zur Egcobold® Setzungsplatten:
Für den Einbau der Platten ist die separate Anweisung zu beachten
The separate instruction must be followed for the installation of the plates.

Hinweis zur Bewässerung:
Nach dem Bewässern ist die Tragfähigkeit der Platten nicht mehr gewährleistet.
Druckfestigkeit zum Zeitpunkt der Wasserbeaufschlagung nach ENERCON Spezifikation.

Note on the Irrigation:
After irrigation, the load-bearing capacity of the plates is no longer guaranteed.
Compressive strength at the time of water exposure according to ENERCON specification.

Baugrundanforderungen / Soil requirements:	
Die erforderliche Mindestbodenpressung: Minimum required bearing pressure:	285 kN/m²
Die Mindestwerte des dynamischen Steifemoduls dürfen vom Baugrund nicht unterschritten werden. Minimum values of dynamic modulus of stiffness must not be undercut by the subsoil.	
Maximal zulässiger Wasserstand bis Oberkante Gelände (mit Auftriebswirkung) Maximum permissible water level up to top ground level (with buoyancy)	
Mindestreibungswinkel zwischen Baugrund und Fundament: Minimum angle of internal friction between soil and foundation:	11°

Bauteil: Building Element:	Kreisfundament circular foundation	Betonmenge: Concrete Quantity:	1183 m³
Betonfestigkeitsklasse: Concrete Grade:	C 35/45	Expositionsklassen: Exposure Classes:	XA 1, XC 4, XF 1
Feuchtigkeitsklasse: Humidity Class:	WF	Überwachungsklasse: Monitoring Class:	ÜK 2

Bauteil: Building Element:	Sauberkeitsschicht blinding course	Betonmenge: Concrete Quantity:	83 m³
Betonfestigkeitsklasse: Concrete Grade:	C 12/15	Expositionsklassen: Exposure Classes:	X 0
Feuchtigkeitsklasse: Humidity Class:	WF	Überwachungsklasse: Monitoring Class:	ÜK 0

Besondere Anforderungen / Special Requirements:	
Erforderliche Oberflächenrauhigkeit optionale Arbeitsfugen 1./2. und 2./3. Betonierabschnitt Required surface roughness of optional construction joints 1st/ 2nd and 2nd/3rd concretet section	glatt smooth
Größtkorn im Bereich der unteren und oberen Bewehrungslage Nominal value of maximum aggregates grain size at the bottom and top reinforcement	16 mm
Größtkorn im mittleren Fundamentbereich Nominal value of maximum aggregates grain size at the middle of the foundation	32 mm
Zement mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung Cement with low hydration heat	r ≤ 0,3
Konsistenzklasse im übrigen Fundament / consistency class in the rest of the foundation	F3 / S3
Konsistenzklasse im Bereich der Sohlverteilung und des unteren Ankerrings / consistency class in the bottom pit and the lower anchor ring	F4 / S4
Maßgebender Zwang aus Abfließen der Hydratationswärme (früher Zwang). Annahme in der Statischen Berechnung: Decisive constraint due to heat of hydration (early constraint). Assumption in the structural calculation:	fct,eff=0,7*fctm

Bei Einstufung des Bauteils in die Expositionsklassen XS 1, XA 2 oder XA 3 sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich, sowie die DAfStb-Richtlinie "Massige Bauteile" aus Beton zu beachten.
When categorising the building element in the exposure classes XS1,XA2 or XA3 additional measures are required.The DAfStb guideline for massive elements is also to be adhered to.

Betondeckung / Concrete Cover:			
Vorhaltemaß Y - Bewehrungslage Positioning Measurement 1st Reinforcement layer	C nom	unten / Bottom	50 mm
		oben Sockel / Top Plinth	50 mm
		oben Spann / Top Foot	50 mm
		seitlich / Side	50 mm
Vorhaltemaß / Tolerance:		ΔC_{dev} =	15 mm

Die DBV-Merkblätter "Betondeckung und Bewehrung" und "Abstandhalter" sind zu berücksichtigen.
The DBV-guideline "Betondeckung und Bewehrung" and "Abstandhalter" to be considered.

Zugehörige Zeichnungen / Relating Drawings:	
Schalplan Nr. Formwork Plan No.	D03123429
Bewehrungszeichnung Nr. Reinforcement Plan No.	B500: D03123430, D03123431;
Leerrohr- / Blitzschutzplan Nr. duct and lightning plan No.	D03104793
Spezifikation: Specifications:	D0181618 - Materialspezifikation Betonstahl Reinforcing Steel Material Specification

Die genannten Fundament-Spezifikationen von ENERCON sind zu beachten.
The ENERCON foundation specifications must be considered.

Prüfstempel / Certification Stamp

Reviewed
see report no.: 4144246-8-e-7 Rev. 0
date: 2025-08-20
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Wind Energy Systems

In bautechnischer Hinsicht geprüft.
siehe Prüfbericht Nr.: 4144246-8-e-7 Rev. 0
vom: 20.08.2025
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Prüfamt für Standsicherheit
von Windenergieanlagen

E-175 EP5 E1 HST-162-FB-C-01 & E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01

Fundamentvariante / foundation option: DB; EC; BS50; B400; ø25.50m

Copyright ENERCON. Dass beim Ab-Nutzer-schützen. Das Zeichnung ist Eigentum der ® ENERCON Gmbh. Sie ist unbefugten gestattet und nicht Zugriff zu Weitergabe sowie in Sinne der §§ 17 ff UWG.

ENERCON ENERGY FOR THE WORLD

WRD Group Engineering Foundation

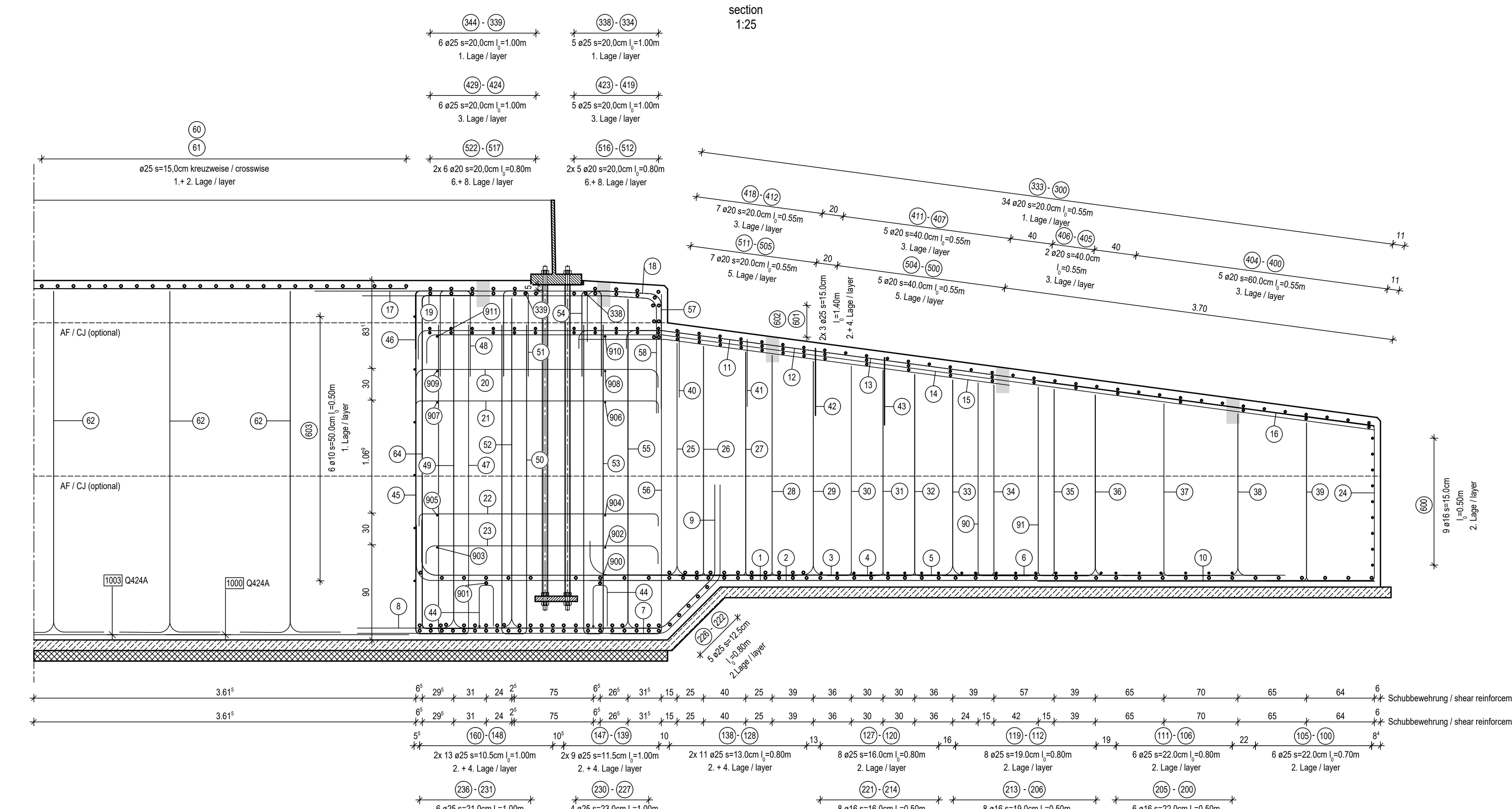
Erstellt von / Created by:	E. Mainer	26.03.2020	No guarantee can be given for the suitability.
Freigegeben / Approved:	R. Cypen	26.03.2020	
Rev.	TÜV remarks implemented	21.07.2025	F. Reeck	L. Brüll
Rev.	Änderung / Change	Datum / date	Freigabe	Erstellt

Maßstab / Scale: 1:50
Schalplan
Formwork plan
Flachgründung
flat foundation
D03123429-1
Version: 0026.1
Blatt / Sheet: 1
DIN A0

HEB = 841 / 1750 (1.476m²)

Allplan 2025

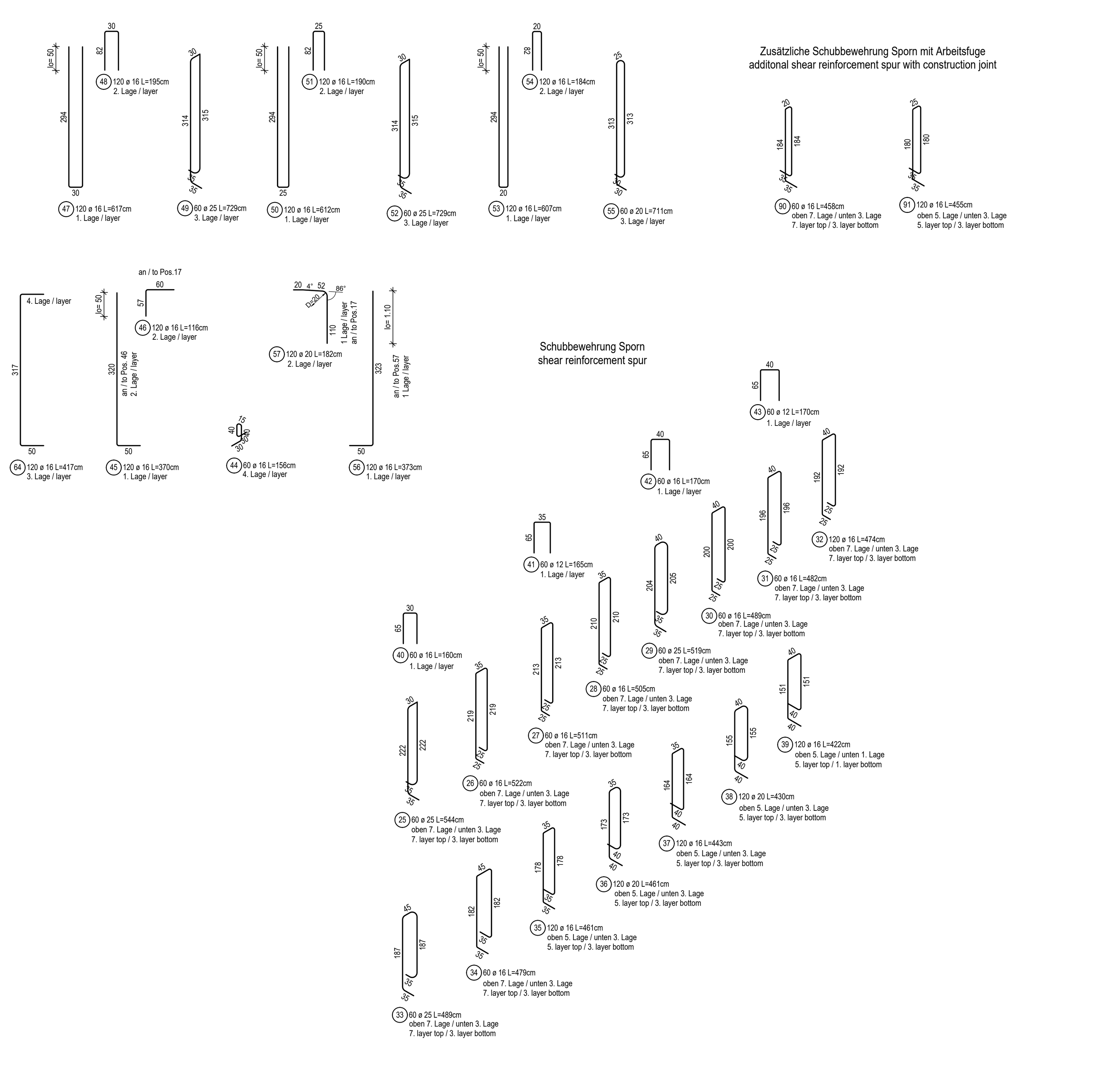
Schnitt
section
1:25



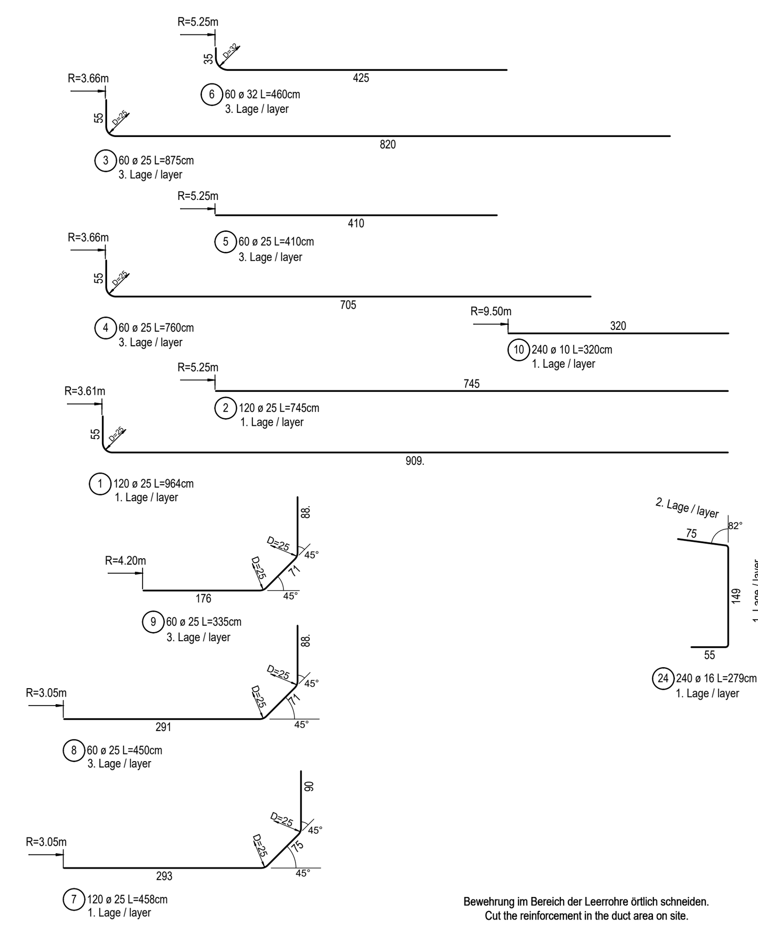
Schubbewehrung Sockel
shear reinforcement base

Zusätzliche Schubbewehrung Sporn mit Arbeitsfuge
additional shear reinforcement spur with construction joint

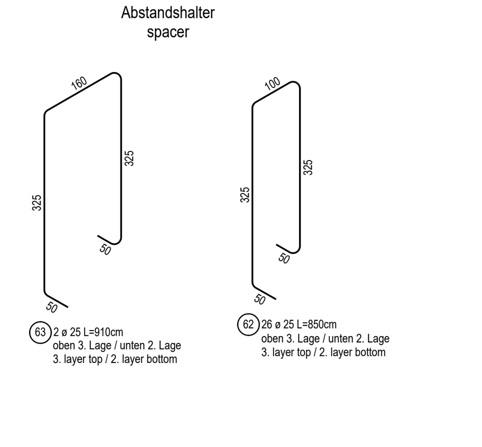
Schubbewehrung Sporn
shear reinforcement spur



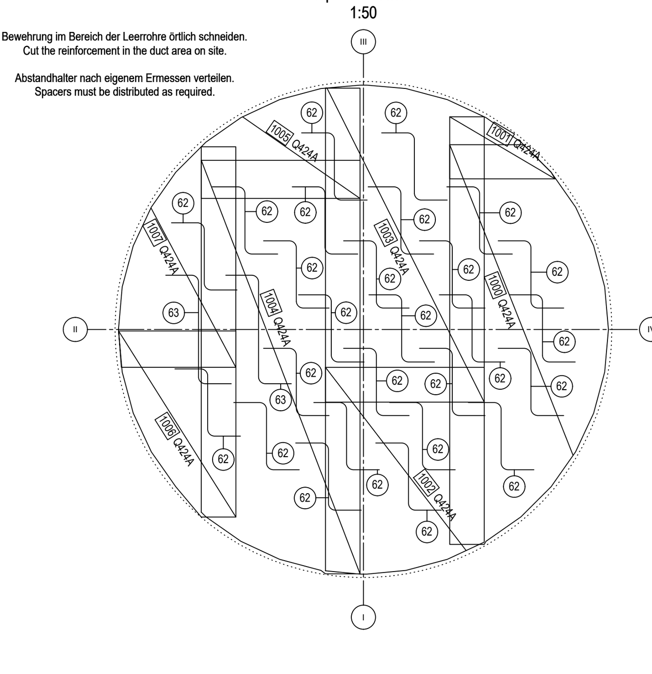
Radialbewehrung unten
bottom radial reinforcement



Abstandshalter
spacer

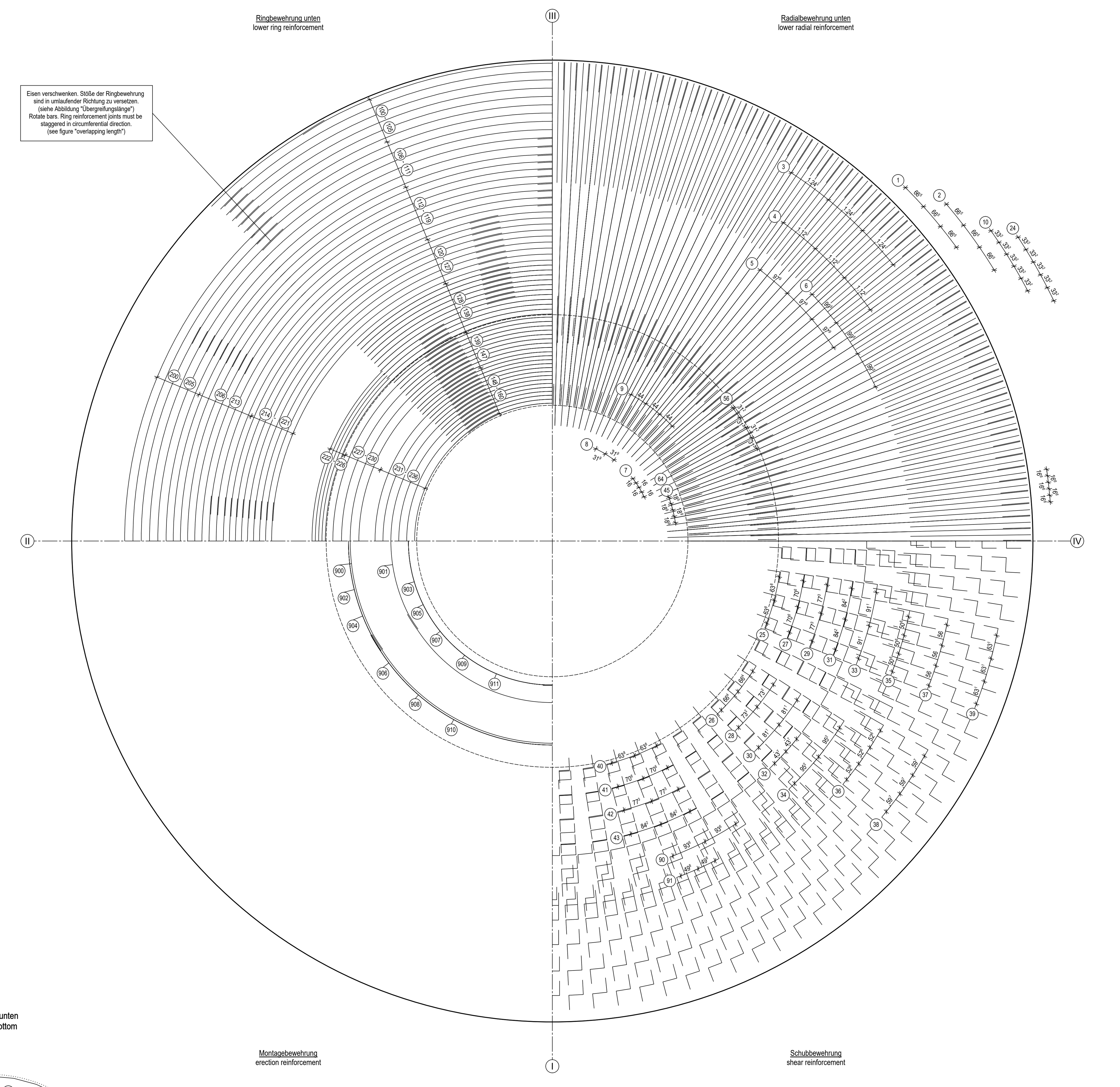


Draufsicht unten
top view bottom
1:50

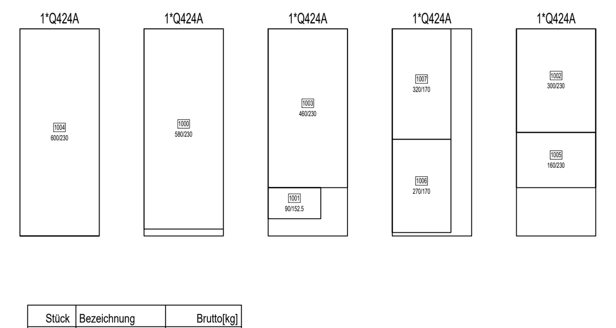


Draufsicht unten
top view bottom
1:50

Ringbewehrung unten / lower ring reinforcement — Radialbewehrung unten / lower radial reinforcement — Montagebewehrung / erection reinforcement — Schubbewehrung / shear reinforcement



Matten- Schneideskizze



Stück	Bezeichnung	Brutto[kg]
6	Q424A	422.00
	Summe	422.00

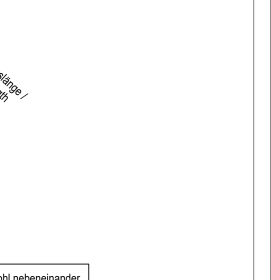
Stabliste / Steel List

Pos. pos	Stck pcs	ø [mm]	Länge length [m]	Länge (ges.) length (all) [m]	Masse weight [kg]
1	120	25	9.64	1156.80	4453.68
2	120	25	7.45	894.00	3441.90
3	60	25	8.75	525.00	2021.25
4	60	25	7.60	456.00	1755.60
5	60	25	4.10	246.00	947.10
6	60	32	4.60	276.00	1742.39
7	120	25	4.58	549.60	2115.96
8	60	25	4.50	270.00	1039.50
9	60	25	3.35	201.00	773.85
10	240	10	3.20	768.00	473.86
11	120	20	9.42	1130.40	2792.09
12	96	20	7.80	748.80	1849.54
13	24	20	7.35	176.40	435.71
14	120	20	9.34	1120.80	2768.38
15	60	16	4.13	247.80	391.52
16	210	10	3.23	678.30	418.51
17	120	20	3.62	434.40	1072.97
18	96	20	2.32	222.72	550.12
19	60	20	3.09	185.40	457.94
20	120	20	2.69	322.80	797.32
21	120	16	2.57	308.40	487.27
22	120	16	2.54	304.80	481.58
23	120	20	2.60	312.00	770.64
24	240	16	2.79	669.60	1057.97
25	60	25	5.44	326.40	1256.64
26	60	16	5.22	313.20	494.86
27	60	16	5.11	306.60	484.43
28	60	16	5.05	303.00	478.74
29	60	25	5.19	311.40	1198.89
30	60	16	4.89	293.40	463.57
31	60	16	4.82	289.20	456.94
32	120	16	4.74	568.80	898.70
33	60	25	4.89	293.40	1129.59
34	60	16	4.79	287.40	454.09
35	120	16	4.61	553.20	874.06
36	120	20	4.61	553.20	1366.40
37	120	16	4.43	531.60	839.93
38	120	20	4.30	516.00	1274.52
39	120	16	4.22	506.40	800.11
40	60	16	1.60	96.00	151.68
41	60	12	1.65	99.00	87.91
42	60	16	1.70	102.00	161.16
43	60	12	1.70	102.00	90.58
44	60	16	1.56	93.60	147.89
45	120	16	3.70	444.00	701.52
46	120	16	1.16	139.20	219.94
47	120	16	6.17	740.40	1169.83
48	120	16	1.95	234.00	369.72
49	60	25	7.29	437.40	1683.99
50	120	16	6.12	734.40	1160.35
51	120	16	1.90	228.00	360.24
52	60	25	7.29	437.40	1683.99
53	120	16	6.07	728.40	1150.87
54	120	16	1.84	220.80	348.86
55	60	20	7.11	426.60	1053.70
56	120	16	3.73	447.60	707.21
57	120	20	1.82	218.40	539.45
58	60	20	1.78	106.80	263.80
60	52	25	-X-	257.34	990.76
61	57	25	-X-	257.69	992.11
62	26	25	8.50	221.00	850.85
63	2	25	9.10	18.20	70.07
64	120	16	4.17	500.40	790.63
90	60	16	4.58	274.80	434.18
91	120	16	4.55	546.00	862.68
100	8	25	10.66	85.28	328.33
101	7	25	11.88	83.16	320.17
102	7	25	11.69	81.83	315.05
103	7	25	11.49	80.43	309.66
104	7	25	11.29	79.03	304.27
105	7	25	11.09	77.63	298.88
106	7	25	11.00	77.00	296.45
107	7	25	10.80	75.60	291.06
108	7	25	10.60	74.20	285.67
109	6	25	12.00	72.00	277.20
110	6	25	11.77	70.62	271.89
111	6	25	11.54	69.24	266.57
112	6	25	11.34	68.04	261.95
113	6	25	11.15	66.90	257.57
114	6	25	10.95	65.70	252.95
115	6	25	10.75	64.50	248.33
116	6	25	10.55	63.30	243.71
117	6	25	10.35	62.10	239.09
118	6	25	10.15	60.90	234.47
119	5	25	11.78	58.90	226.77
120	5	25	11.58	57.90	222.92
121	5	25	11.38	56.90	219.07
122	5	25	11.18	55.90	215.22
123	5	25	10.98	54.90	211.37
124	5	25	10.78	53.90	207.52
125	5	25	10.58	52.90	203.67
126	5	25	10.38	51.90	199.82
127	5	25	10.17	50.85	195.77
128	10	25	10.01	100.10	385.39
129	10	25	9.85	98.50	379.23
130	10	25	9.68	96.80	372.68
131	10	25	9.52	95.20	366.52
132	10	25	9.36	93.60	360.36
133	10	25	9.19	91.90	353.82
134	10	25	9.03	90.30	347.66
135	8	25	10.89	87.12	335.41
136	8	25	10.68	85.44	328.94
137	8	25	10.48	83.84	322.78
138	8	25	10.27	82.16	316.32
139	8	25	10.35	82.80	318.78
140	8	25	10.17	81.36	313.24
141	8	25	9.99	79.92	307.69
142	8	25	9.81	78.48	302.15
143	8	25	9.62	76.96	296.30
144	8	25	9.44	75.52	290.75
145	8	25	9.26	74.08	285.21
146	8	25	9.08	72.64	279.66
147	8	25	8.90	71.20	274.12
148	8	25	8.74	69.92	269.19
149	8	25	8.57	68.56	263.96
150	8	25	8.41	67.28	259.03
151	8	25	8.24	65.92	253.79
152	8	25	8.08	64.64	248.86
153	8	25	7.91	63.28	243.63
154	8	25	7.75	62.00	238.70
155	8	25	7.58	60.64	233.46
156	8	25	7.42	59.36	228.54
157	8	25	7.26	58.08	223.61
158	8	25	7.09	56.72	218.37
159	8	25	6.93	55.44	213.44
160	8	25	6.76	54.08	208.21
200	7	16	10.69	74.83	118.23
201	7	16	10.49	73.43	116.02
202	6	16	11.93	71.58	113.10
203	6	16	11.70	70.20	110.92
204	6	16	11.47	68.82	108.74
205	6	16	11.24	67.44	106.56
206	6	16	11.04	66.24	104.66
207	6	16	10.84	65.04	102.76
208	6	16	10.64	63.84	100.87
209	6	16	10.44	62.64	98.97
210	6	16	10.24	61.44	97.08
211	5	16	11.95	59.75	94.41
212	5	16	11.72	58.60	92.59
213	5	16	11.48	57.40	90.69

Stabliste / Steel List

Pos. pos	Stck pcs	ø [mm]	Länge length [m]	Länge (ges.) length (all) [m]	Masse weight [kg]
214	5	16	11.28	56.40	89.11
215	5	16	11.07	55.35	87.45
216	5	16	10.87	54.35	85.87
217	5	16	10.67	53.35	84.29
218	5	16	10.47	52.35	82.71
219	5	16	10.27	51.35	81.13
220	5	16	10.07	50.35	79.55
221	5	16	9.87	49.35	77.97
222	4	25	10.84	43.36	166.94
223	4	25	10.70	42.80	164.78
224	4	25	10.56	42.24	162.62
225	4	25	10.42	41.68	160.47
226	4	25	10.28	41.12	158.31
227	4	25	10.17	40.68	156.62
228	4	25	9.81	39.24	151.07
229	4	25	9.44	37.76	145.38
230	4	25	9.08	36.32	139.83
231	4	25	8.41	33.64	129.51
232	4	25	8.08	32.32	124.43
233	4	25	7.75	31.00	119.35
234	4	25	7.42	29.68	114.27
235	4	25	7.09	28.36	109.19
236	4	25	6.76	27.04	104.10
300	7	20	11.91	83.37	205.92
301	7	20	11.73	82.11	202.81
302	7	20	11.55	80.85	199.70
303	7	20	11.37	79.59	196.59
304	7	20	11.19	78.33	193.48
305	7	20	11.02	77.14	190.54
306	7	20	10.84	75.88	187.42
307	7	20	10.66	74.62	184.31
308	7	20	10.48	73.36	181.20
309	6	20	11.93	71.58	176.80
310	6	20	11.72	70.32	173.69
311	6	20	11.52	69.12	170.73
312	6	20	11.31	67.86	167.61
313	6	20	11.10	66.60	164.50
314	6	20	10.89	65.34	161.39
315	6	20	10.69	64.14	158.43
316	6	20	10.48	62.88	155.31
317	6	20	10.27	61.62	152.20
318	5	20	11.97	59.85	147.83
319	5	20	11.72	58.60	144.74
320	5	20	11.47	57.35	141.65
321	5	20	11.22	56.10	138.57
322	5	20	10.97	54.85	135.48
323	5	20	10.72	53.60	132.39
324	5	20	10.47	52.35	129.30
325	5	20	10.22	51.10	126.22
326	5	20	9.97	49.85	123.13
327	5	20	9.72	48.60	120.04
328	5	20	9.48	47.40	117.08
329	5	20	9.23	46.15	113.99
330	4	20	11.08	44.32	109.47
331	4	20	10.77	43.08	106.41
332	4	20	10.46	41.84	103.34
333	4	20	10.15	40.60	100.28
334	4	25	10.31	41.24	158.77
335	4	25	10.00	40.00	154.00
336	4	25	9.68	38.72	149.07
337	4	25	9.37	37.48	144.30
338	4	25	9.05	36.20	139.37
339	4	25	8.49	33.96	130.75
340	4	25	8.17	32.68	125.82
341	4	25	7.86	31.44	121.04
342	4	25	7.55	30.20	116.27
343	4	25	7.23	28.92	111.34
344	4	25	6.92	27.68	106.57
400	7	20	11.91	83.37	205.92
401	7	20	11.37	79.59	196.59
402	7	20	10.84	75.88	187.42
403	6	20	11.93	71.58	176.80
404	6	20	11.31	67.86	167.61
405	6	20	10.89	65.34	161.39
406	6	20	10.48	62.88	155.31
407	5	20	11.97	59.85	147.83
408	5	20	11.47	57.35	141.65
409	5	20	10.97	54.85	135.48
410	5	20	10.47	52.35	129.30
411	5	20	9.97	49.85	123.13
412	5	20	9.73	48.65	120.17
413	5	20	9.48	47.40	117.08
414	5	20	9.23	46.15	113.99
415	4	20	11.09	44.36	109.57
416	4	20	10.77	43.08	106.41
417	4	20	10.46	41.84	103.34
418	4	20	10.15	40.60	100.28
419	4	25	10.31	41.24	158.77
420	4	25	10.00	40.00	154.00
421	4	25	9.68	38.72	149.07
422	4	25	9.37	37.48	144.30
423	4	25	9.06	36.24	139.52
424	4	25	8.49	33.96	130.75
425	4	25	8.17	32.68	125.82
426	4	25	7.86	31.44	121.04
427	4	25	7.55	30.20	116.27
428	4	25	7.23	28.92	111.34
429	4	25	6.92	27.68	106.57
500	5	20	11.97	59.85	147.83
501	5	20	11.47	57.35	141.65
502	5	20	10.97	54.85	135.48
503	5	20	10.47	52.35	129.30
504	5	20	9.98	49.90	123.25
505	5	20	9.73	48.65	120.17
506	5	20	9.48	47.40	117.08
507	5	20	9.23	46.15	113.99
508	4	20	11.09	44.36	109.57
509	4	20	10.77	43.08	106.41
510	4	20	10.46	41.84	103.34
511	4	20	10.15	40.60	100.28
512	8	20	10.11	80.88	199.77
513	8	20	9.79	78.32	193.45
514	8	20	9.48	75.84	187.32
515	8	20	9.17	73.36	181.20
516	8	20	8.85	70.80	174.88
517	8	20	8.28	66.24	163.61
518	8	20	7.97	63.76	157.49
519	8	20	7.65	61.20	151.16
520	8	20	7.34	58.72	145.04
521	8	20	7.02	56.16	138.72
522	8	20	6.71	53.68	132.59
600	63	16	11.88	748.44	1182.54
601	15	25	8.85	132.75	511.09
602	15	25	8.80	132.00	508.20
603	18	10	8.06	145.08	89.51
900	4	25	8.94	35.76	137.68
901	4	25	7.25	29.00	111.65
902	4	8	9.00	36.00	14.22
903	3	8	8.50	25.50	10.07
904	4	8	9.00	36.00	14.22
905	3	8	8.50	25.50	10.07
906	4	8	9.00	36.00	14.22
907	3	8	8.50	25.50	10.07
908	4	8	9.00	36.00	14.22
909	3	8	8.50	25.50	10.07
910	4	12	9.01	36.04	32.00
911	3	12	8.51	25.53	22.67

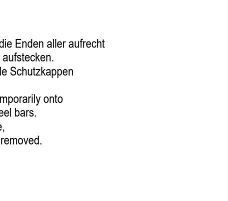
Gesamtmasse / total weight [kg] : 100480.49



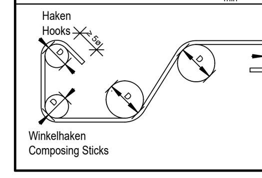
Im Falle mehrlagiger Bewehrung sind die Stöße sowohl nebeneinander als auch übereinander um ≥ 1,3 l_0 zu versetzten. /
In case of multi-layer reinforcement, joints have to be straggered by ≥ 1.3 l_0 both next to each other and on top of each other.

Im Spornbereich darf maximal jeder 3. Übergreifungsstoß in der gleichen radialen Stoßebene angeordnet werden /
In the spur area, not more than every 3rd overlapping must be placed in the same radial lapped section

Detail
Schutzkappe / safety cap



Mindestwerte der Biegerollendurchmesser D_{min} gemäß: /
Minimum diameter of bending block D_{min} according to: DIN EN 1992-1-1/NA Tabelle NA.8.1a)

 Haken Hooks; Schlaufen Loops; Winkelhaken Composing Sticks	Haken, Winkelhaken, Schlaufen Hooks, Composing Sticks, Loops	Stabdurchmesser Bar-Diameter	ø < 20 mm	4 ø
			ø ≥ 20 mm	7 ø
	Schrägstäbe oder andere gebogene Stäbe Sloped bars or other bended bars	seitliche Betondeckung Lateral Concrete Cover	> 100 mm > 7 ø	10 ø
			> 50 mm > 3 ø	15 ø
			≤ 50 mm ≤ 3 ø	20 ø

Baustoffkennwerte gemäß DIN EN 206-1 (07/2001), DIN 488-1 (08/2009) und DIN 488-4 (08/2009), ENERCON Materialspezifikation für Betonstahl.
Material properties according to DIN EN 206-1 (07/2001), DIN 488-1 (08/2009) and DIN 488-4 (08/2009) ENERCON reinforcement steel material specification.

Betonstahlsorte / Reinforcement Grade:	B500B
Zugfestigkeit N/mm² / Tensile Strength N/mm² f_{tk}:	540 N/mm²
Streckgrenze N/mm² / Yield Strength N/mm² f_{yk}:	500 N/mm²

Bauteil: Building Element:	Kreisfundament circular foundation	Betonmenge: Concrete Quantity:	1183 m³
Betonfestigkeitsklasse: Concrete Grade:	C 35/45	Expositionsklassen: Exposure Classes:	XA 1, XC 4, XF 1
Feuchtigkeitsklasse: Humidity Class:	WF	Überwachungsklasse: Monitoring Class:	ÜK 2

Bauteil: Building Element:	Sauberkeitsschicht blinding course	Betonmenge: Concrete Quantity:	53 m³
Betonfestigkeitsklasse: Concrete Grade:	C 12/15	Expositionsklassen: Exposure Classes:	X 0
Feuchtigkeitsklasse: Humidity Class:	WF	Überwachungsklasse: Monitoring Class:	ÜK 0

Besondere Anforderungen / Special Requirements:

Erforderliche Oberflächenrauhigkeit optionale Arbeitsfugen 1./2. und 2./3. Betonierabschnitt Required surface roughness of optional construction joints 1st/ 2nd and 2nd/3rd concreted section	glatt smooth
Größtkorn im Bereich der unteren und oberen Bewehrungslage Nominal value of maximum aggregates grain size at the bottom and top reinforcement	16 mm
Größtkorn im mittleren Fundamentbereich Nominal value of maximum aggregates grain size at the middle of the foundation	32 mm
Zement mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung Cement with low hydration heat	r ≤ 0,3
Konsistenzklasse im übrigen Fundament / consistency class in the rest of the foundation	F3 / S3
Konsistenzklasse im Bereich der Sohlvertiefung und des unteren Ankerrings / consistency class in the bottom pit and the lower anchor ring	F4 / S4
Maßgebender Zwang aus Abfließen der Hydratationswärme (früher Zwang). Annahme in der Statischen Berechnung: Decisive constraint due to heat of hydration (early constraint). Assumption in the structural calculation:	fct,eff=0,7*fctm

Bei Einstufung des Bauteils in die Expositionsklassen XS 1, XA 2 oder XA 3 sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich, sowie die DAfStb-Richtlinie "Massige Bauteile" aus Beton zu beachten.
When categorising the building element in the exposure classes XS1,XA2 or XA3 additional measures are required.The DAfStb guideline for massive elements is also to be adhered to.

Betondeckung / Concrete Cover:

Verlegemaß 1. Bewehrungslage Positioning Measurement 1st Reinforcement layer	C nom	unten / Bottom	50 mm
		oben Sockel / Top Plinth	50 mm
		oben Sporn / Top Foot	50 mm
		seitlich / Side	50 mm
Vorhaltemaß / Tolerance:		ΔC_{dev}=	15 mm

Die DBV-Merkblätter "Betondeckung und Bewehrung" und "Abstandhalter" sind zu berücksichtigen.
The DBV-guideline "Betondeckung und Bewehrung" and "Abstandhalter" to be considered.

Zugehörige Zeichnungen / Relating Drawings:

Schalplan Nr. Formwork Plan No.	D03123429
Bewehrungszeichnung Nr. Reinforcement Plan No.	B500: D03123430; D03123431;
Leerrohr- / Blitzschutzplan Nr. duct and lightning plan No.	D03104793
Spezifikation: Specifications:	D0181818 - Materialspezifikation Betonstahl Reinforcing Steel Material Specification

Die gesonderten Fundament-Spezifikationen von ENERCON sind zu beachten.
The ENERCON foundation specifications must be considered.

Prüfstempel / Certification Stamp

Reviewed
see report no.: 4144246-8-e-7 Rev. 0
dated: 2025-08-20
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Wind Energy Systems

In bautechnischer Hinsicht geprüft.
siehe Prüfbericht Nr.: 4144246-8-d-7 Rev. 0
vom: 20.08.2025
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Prüfamt für Standsicherheit
von Windenergieanlagen

E-175 EP5 E1 HST-162-FB-C-01 & E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01

Fundamentvariante / foundation option: DIBt; IEC; B500; — ø25.50m

© Copyright ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten. Diese Zeichnung ist Eigentum der Fa. ENERCON Global GmbH. Sie ist urheberrechtlich geschützt und stellt zugleich ein Betriebsgeheimnis im Sinne der §§ 17 ff UWG dar.
© Copyright ENERCON Global GmbH (Ltd). All rights reserved.

ENERCON ENERGY FOR THE WORLD — WRD Group Engineering Foundation

Maßstab Scale: 1:25 / 1:50

Erstellt von / Created by:	E. Miener	26.03.2025	No guarantee can be given in respect to this translation
Freigegeben / Approved:	K. Cygon	26.03.2025	

Rev.:	Änderung / Change:	Datum / date:	Created:	Checked:
1	Pos. 64 added and Pos. 32 pcs. doubled	30.07.2025	P. Reisch	S. Shah

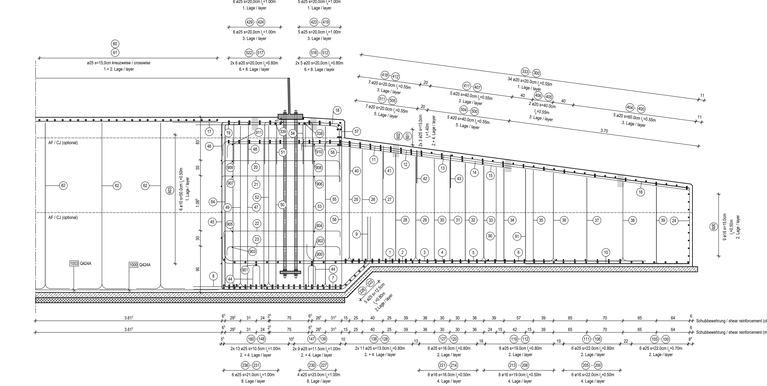
Bewehrungsplan unten
reinforcement plan bottom
Flachgründung
flat foundation

TÜV SÜD Industrie Service GmbH TÜ 12 MÜNCHEN

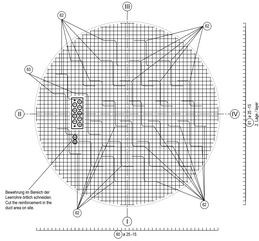
D03123430-1 — Sprache Language: DE/EN — Blatt Sheet: 1 — DIN A0+

H/B = 841 / 2000 (1.68m²) — Allplan 2025

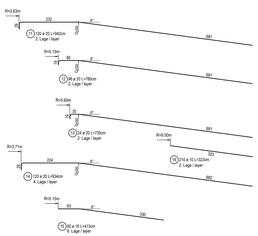
Schnitt
section
1:25



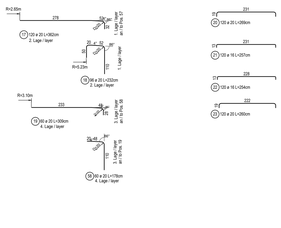
Draufsicht oben
top view top
1:50



Radialbewehrung im Spoon oben
top radial reinforcement spur



Radialbewehrung im Sockel oben
top radial reinforcement base



Spaltzugbewehrung
splitting tensile reinforcement



Detail
Schutzkappe / safety cap



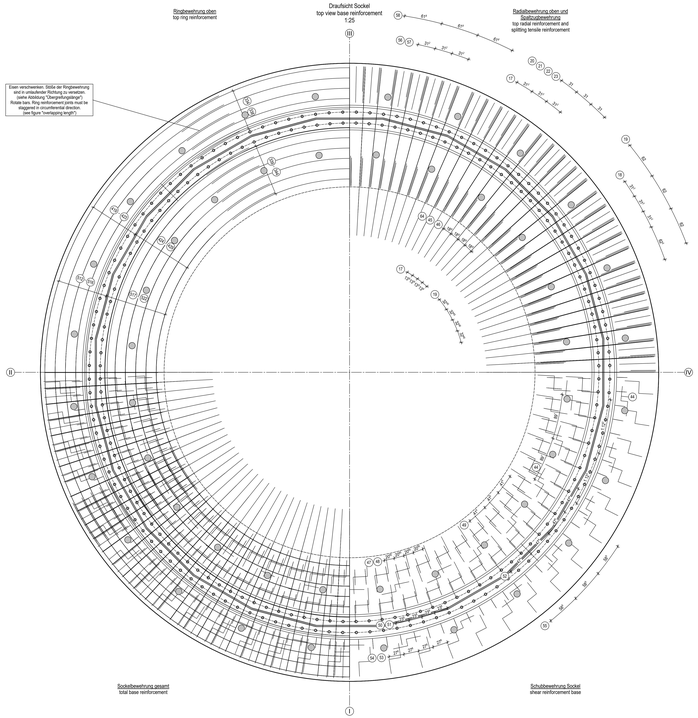
Einrollage /
reduced length



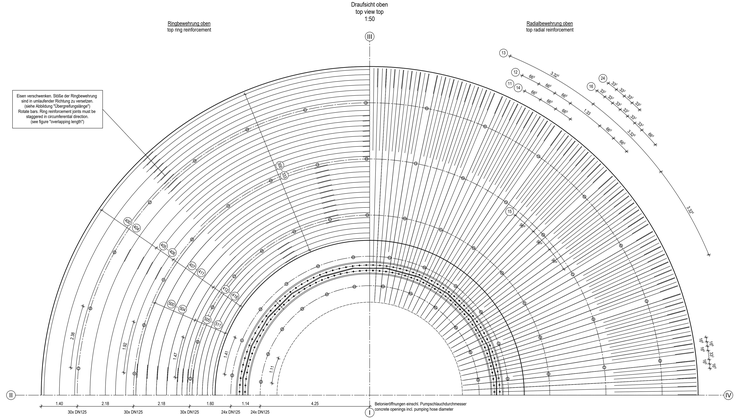
In Falle mehrlagiger Bewehrung sind die Stöße soweit nebeneinander als auch übereinander um ≥ 1.3 l_0 versetzt zu legen. Die Stöße dürfen in einer Ebene nicht in die staggered by ≥ 1.3 l_0 both next to each other and on top of each other.

In Sportbereich darf maximal jeder 3. Übergreifungsstoß in der gleichen radialen Stoßebene angeordnet werden / In the spur area, not more than every 3rd overlapping must be placed in the same radial lapped section

Draufsicht Sockel
top view base reinforcement
1:25



Draufsicht oben
top view top
1:50



Form shape	Stck pcs	Länge length a [cm]	Länge length [cm]	Länge ges. length ges [cm]
60.1	2	57	57	114
60.2	2	214	214	428
60.3	2	290	290	580
60.4	2	355	355	710
60.5	2	398	398	796
60.6	2	440	440	880
60.7	2	475	475	950
60.8	2	505	505	1010
60.9	2	535	535	1070
60.10	2	559	559	1118
60.11	1	580	580	580
60.12	1	601	601	601
60.13	1	620	620	620
60.14	2	634	634	1268
60.15	2	648	648	1296
60.16	2	662	662	1324
60.17	2	672	672	1344
60.18	2	680	680	1360
60.19	2	688	688	1376
60.20	2	696	696	1392
60.21	2	701	701	1402
60.22	2	703	703	1406
60.23	2	706	706	1412
60.24	2	709	709	1418
60.25	1	248	248	248
60.26	1	238	238	238
60.27	1	242	242	242
60.28	1	232	232	232
60.29	1	228	228	228
60.30	1	217	217	217
60.31	1	222	222	222
60.32	1	211	211	211

Summe der Längen = 297.340 m

Form shape	Stck pcs	Länge length a [cm]	Länge length [cm]	Länge ges. length ges [cm]
61.1	2	57	57	114
61.2	2	214	214	428
61.3	2	290	290	580
61.4	2	355	355	710
61.5	2	398	398	796
61.6	2	440	440	880
61.7	2	475	475	950
61.8	2	505	505	1010
61.9	2	535	535	1070
61.10	2	559	559	1118
61.11	2	580	580	1160
61.12	2	601	601	1202
61.13	2	620	620	1240
61.14	2	634	634	1268
61.15	2	648	648	1296
61.16	2	662	662	1324
61.17	2	672	672	1344
61.18	2	680	680	1360
61.19	2	688	688	1376
61.20	1	696	696	696
61.21	1	139	139	139
61.22	2	703	703	1406
61.23	2	132	132	264
61.24	2	133	133	266
61.25	2	517	517	1034
61.26	2	519	519	1038
61.27	2	520	520	1040
61.28	2	521	521	1042
61.29	1	130	130	130
61.30	1	127	127	127
61.31	1	515	515	515

Summe der Längen = 227.890 m

Mindestwerte der Biegerollendurchmesser D_{min} gemäß / Minimum diameter of bending block D_{min} according to: DIN EN 1992-1-1/NA Tabelle NA.8.1a)

Haken Hook	Schlaufen Loops	Winkelhaken Schlaufe Loops	Stabstahlmesser Bar Diameter	
D_{min}	D_{min}	D_{min}		
Betonstahl Composing Sticks		Betonstahl Composing Sticks, Loops	≤ 20 mm	4 x
			> 20 mm	7 x
		Schlaufe oder andere gebogene Stäbe Stirrup or other bended bars	> 100 mm	10 x
			≤ 50 mm	15 x
			≤ 50 mm ≤ 8 x	20 x

Bauteil: Building Element:	Kreisfundament circular foundation	Betonmenge: Concrete Quantity:	1183 m³
Betonfestigkeitsklasse: Concrete Grade:	C 35/45	Expositionsklassen: Exposure Classes:	XA 1, XC 4, XF 1
Feuchtigkeitsklasse: Humidity Class:	WF	Überwachungsklasse: Monitoring Class:	ÜK 2

Bauteil: Building Element:	Bauteilsicherheit Minding course	Betonmenge: Concrete Quantity:	53 m³
Betonfestigkeitsklasse: Concrete Grade:	C 12/15	Expositionsklassen: Exposure Classes:	X 0
Feuchtigkeitsklasse: Humidity Class:	WF	Überwachungsklasse: Monitoring Class:	ÜK 0

Besondere Anforderungen / Special Requirements:

Erforderliche Oberflächenrauhigkeit optimale Arbeitsfugen 1.2. und 2.3. Betonabsicht. Required surface roughness of optimal construction joints 1st 2nd and 2nd concrete section	glatt smooth
Größtkorn im Bereich der unteren und oberen Bewehrungslage Nominal value of maximum aggregates grain size at the bottom and top reinforcement	16 mm
Größtkorn im mittleren Fundamentbereich Nominal value of maximum aggregates grain size at the middle of the foundation	32 mm
Zement mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung Cement with low hydration heat	$r \leq 0.3$
Konsistenzklasse im übrigen Fundament / consistency class in the rest of the foundation	F3 / S3
Konsistenzklasse im Bereich der Sohlverteilung und des unteren Ankerrings / consistency class in the bottom pit and the lower anchor ring	F4 / S4
Maßgebender Zwang aus Abtließen der Hydratationswärme (Höher Zwang). Annahme in der Statischen Berechnung Decisive constraint due to heat of hydration (early constraint). Assumption in the structural calculation	fct,eff=0.7*fctm

Bei Einstufung des Bauteils in die Expositionsklassen XS 1, XA 2 oder XA 3 sind zusätzliche Maßnahmen gemäß DAfStb-Richtlinie "Massige Bauteile aus Beton" vorzusehen.
When classifying the building element in the exposure classes XS1,XA2 or XA3 additional measures are required The DAfStb guideline for massive elements is also to be adhered to.

Betondeckung / Concrete Cover:

Verlegemaß 1. Bewehrungslage Positioning Measurement 1st Reinforcement layer	C nom	unten / Bottom	50 mm
		oben Sockel / Top Plinth	50 mm
		oben Sporn / Top Foot	50 mm
		seitlich / Side	50 mm
Vorhaltemaß / Tolerance:		ΔC_{dev}	15 mm

Die DBV-Merkblätter "Betonüberdeckung und Bewehrung" und "Abstandhalter" sind zu berücksichtigen. The DBV-guideline "Betonüberdeckung und Bewehrung" and "Abstandhalter" to be considered.

Zugehörige Zeichnungen / Relating Drawings:

Schalplan Nr. Formwork Plan No.	D03123429
Bewehrungszeichnung Nr. Reinforcement Plan No.	B000: D03123430; D03123431;
Lesenstein- / Blitzschutzplan Nr. land and lightning plan No.	D03104793
Specifikation: Specifications:	D0181818 - Materialspezifikation Betonstahl Reinforcing Steel Material Specification

Die gesonderten Fundament-Spezifikationen von ENERCON sind zu beachten. The ENERCON foundation specifications must be considered.

Prüfvermerk / Certification Stamp

Reviewed
Prüfbericht-Nr.: 414426-B-2 Rev. 2
Datum: 2020-08-20
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Wind Energy Systems

In Industrieller Sicherheit geprüft.
Prüfbericht-Nr.: 414426-B-2 Rev. 2
Datum: 2020-08-20
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Prüfstelle für Elektrische und von Blitzschutzgefährdete

E-175 EP5 E1 HST-162-FB-C-01 & E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01

Fundamentkreis / foundation sphin DIN 4C; B500; 4/25.50m

© Copyright ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. Diese Unterlage ist geistiges Eigentum der ENERCON GmbH. Sie darf vervielfältigt, gedruckt und gegeben an Dritte ohne unsere ausdrückliche Genehmigung nicht verwendet werden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmuster-Eintragung vorbehalten.
Copyright ENERCON GmbH. All rights reserved.

ENERCON ENERGY FOR THE WORLD

WRD Wind Engineering Roundtable

Erstellt von / Created by:	T. Wilmer	20.10.2020	No geometrical changes to shear reinforcement
Freigegeben / Approved:	K. Cygan	20.10.2020	to this revision

Rev.	Änderungen / Revision	Datum / Date	Name
0	Freig. für erstell.und Prüf. (E.pla. Ausführ.	07.07.2020	P. Reese / S. Bose
1	Prüfbericht / Test Report	20.08.2020	P. Reese / S. Bose

Maßstab / Scale: 1:25 / 1:50

Bewehrungsplan oben
reinforcement plan top
Flachgründung
flat foundation

D03123431-1

Blatt / Sheet: 33/35

Format: A0

H:\B = 841 / 2000 (1.68m²)

PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE
BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN

Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.

Prüfbericht für eine Typenprüfung

Datum: 21.10.2025

Bericht Nr.: **4144246-10-d-7 Rev. 0**

Objekt: **Prüfung der Standsicherheit – Gründung**
Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E1 und
ENERCON E-175 EP5 E2
Turm: E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01 und E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01
Nabenhöhe: 162 m
Windzone S, Erdbebenzone 3

Hier: Tiefgründung Ø = 22,00 m

Var. A: 58 Pfähle 45/45 cm; 58 Pfähle Ø 51 cm
Var. B: 22 Pfähle Ø 100 cm

Prüfgrundlage: DIBt-Richtlinie 2012

Auftraggeber: ENERCON Global GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Deutschland

Gültig bis: 20.10.2030

Unsere Zeichen:
IS-ESW-MUC

Dokument:
4144246-10-d-7_Rev0_ENERCON_E-175_EP5_E2-HST-162-FB-C-01_TG.docx

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 tuvsud.com/impressum

Aufsichtsrat:
Walter Reithmaier (Vors.)
Geschäftsführung:
Simon Kellerer (Sprecher)
Thomas Kainz
Ferdinand Neuwieser
Paula Pias Peleteiro

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Prüfamt für Standsicherheit für die Bautechnische Prüfung von Windenergieanlagen
Westendstraße 199
80686 München
Deutschland
Telefon: 089 5791-3146

tuvsud.com/de-is
Telefon: 089 5791-4001

Revision	Datum	Änderungen
0	21.10.2025	Erstfassung

Inhaltsverzeichnis

1 Dokumente ... 3
1.1 Geprüfte Dokumente ... 3
1.2 Eingesehene Dokumente ... 3
2 Prüfgrundlage ... 4
2.1 Angewendete Richtlinien und Normen ... 4
2.2 Berücksichtigte Richtlinien und Normen ... 4
3 Beschreibung ... 4
3.1 Baustoffe ... 5
3.2 Lastannahmen ... 5
3.3 Baugrund ... 6
4 Prüfumfang ... 6
5 Bemerkungen ... 7
5.1 Allgemein ... 7
5.2 Ausführungsvarianten ... 7
5.3 Schnittstellen ... 7
5.4 Pfähle ... 7
5.5 Bau- und Wartungszustände ... 7
5.6 Schiefstellung des Turms ... 7
6 Prüfergebnis ... 8
Auflagen ... 8

1 Dokumente

1.1 Geprüfte Dokumente

Folgende Dokumente wurden zur Prüfung vorgelegt:

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[1]	Statische Berechnung E-175 EP5 E1&E2-HST-162-FB-C-01 Tiefgründung	ENERCON	D03129912 Rev. 1	2025-09-24
[2]	Technisches Datenblatt Sheet E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01 E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01 Tiefgründung	ENERCON	D03118965 Rev. 2	2025-09-25
[3]	Schalplan Tiefgründung Variante A	ENERCON	D03123732 Rev. 0	2025-05-05
[4]	Schalplan Tiefgründung Variante B	ENERCON	D03123733 Rev. 0	2025-05-05
[5]	Bewehrungsplan unten Tiefgründung	ENERCON	D03123734 Rev. 1	2025-09-17
[6]	Bewehrungsplan oben Tiefgründung	ENERCON	D03123735 Rev. 1	2025-09-17

1.2 Eingesehene Dokumente

Folgende Dokumente wurden im Rahmen der Prüfung zusätzlich herangezogen:

1.2.1 Lasten und Konstruktionsbasis

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[7]	Design Base E-175 EP5 E1 / E-175 EP5 E2	ENERCON	D02833990 Rev. 0.5	2024-10-17
[8]	Turmfußlasten E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01	ENERCON	D03106937 Rev 1.0	2025-03-10
[9]	Turmfußlasten E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01	ENERCON	D03096717 Rev 3.0	2025-07-04

1.2.2 Ankerkorb, Turm und weitere Unterlagen

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[10]	Prüfbericht für eine Typenprüfung, Prüfung der Standsicherheit – Hybridstahlturm mit Ankerkorb E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01 / E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01	TÜV SÜD	4144246-6-d-6 Rev. 1	2025-10-16
[11]	Datenblatt: Fundamentkorb Geometrie E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01 / E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01	ENERCON	D03096733 Rev. 1.1	2025-06-24
[12]	Fundamentkorb Geometrie Skizzen HST	ENERCON	D02915818 Rev. 2.0	2023-11-24
[13]	Stellungnahme Einbau von Streckmetall in Fundamenten	ENERCON	D02517713 Rev. 0.0	2021-09-28
[14]	Technische Spezifikation – Betonierablauf & Qualitätssicherung	ENERCON	D02109344 Rev. 6.0	2023-09-25

2 Prüfgrundlage

2.1 Angewendete Richtlinien und Normen

Die Prüfung der Unterlagen erfolgte gemäß folgenden Richtlinien und Normen:

Ref.	Nummer	Titel
/1/	DIBt 2012	Richtlinie für Windenergieanlagen, korrigierte Version 2015
/2/	DIN EN 1991-1-1:2010 + NA:2010 + NA/A1:2015	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke –Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau
/3/	DIN EN 1992-1-1:2011 + A1:2015 + NA:2013 + NA/A1:2015	Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetonbauwerken – Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
/4/	DIN EN 1997-1:2009 + NA:2010	Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Allgemeine Regeln
/5/	DIN 1054:2021	Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
/6/	DIN EN 1998-1:2010 + NA:2011	Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten
/7/	DIN 4149:2005	Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten

2.2 Berücksichtigte Richtlinien und Normen

Zur Prüfung wurden zusätzlich folgende Normen und Richtlinien herangezogen:

Ref.	Nummer	Titel
/8/	DAfStb Heft 600	Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2), Ausgabe 2012

3 Beschreibung

Die Hybrid-Stahlürme E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01 und E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01 für die Windenergieanlagen vom Typ ENERCON E-175 EP5 E1 und ENERCON E-175 EP5 E2 mit 162 m Nabenhöhe werden mit vorgespannten Ankerbolzen und einem einbetonierten Ankerring in einem Stahlbetonfundament verankert.

Die Tiefgründung besteht aus einer kreisförmigen Fundamentplatte mit 22,00 m Außendurchmesser mit veränderlicher Höhe sowie einem darauf aufgesetzten Sockel. Der Turmfußflansch wird ohne Mörtelfuge direkt in den Fundamentbeton gemäß Spezifikation [14] eingelassen, siehe dazu auch Auflage 12.

In der Mitte des Fundaments befindet sich ein kreisrunder konstruktiv bewehrter Bereich.

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

Die Lasten werden über Stahlbetonpfähle in den tragfähigen Baugrund eingeleitet. Hierzu sind 2 verschiedene Pfahlkonfigurationen konzipiert und nachgewiesen worden, deren Pfahllängen standortabhängig festzulegen sind.

	Variante A	Variante B
Anzahl Pfähle	58	22
Pfahlquerschnitt	45/45 cm oder Ø 51 cm	Ø 100 cm

Tabelle 1: Pfahlvarianten

3.1 Baustoffe

In Tabelle 2 sind die verwendeten Baustoffe angegeben.

Bauteil	Baustoff	Bezugsnorm / Zulassung
Beton Fundamentplatte	C35/45	DIN EN 1992-1-1
Bewehrung	B500 B	DIN EN 1992-1-1

Tabelle 2: Baustoffe

3.2 Lastannahmen

In Tabelle 3 sind die berücksichtigten Varianten der Windenergieanlage zusammen mit den zugehörigen Lastannahmen und Prüfberichten angegeben.

Anlagenvariante	Lastdokument	Prüfbericht
E-175 EP5 E1	D03106937 Rev 1.0 [8]	4144246-6-d-6 Rev. 1 [10]
E-175 EP5 E2	D03096717 Rev 3.0 [9]	

Tabelle 3: Turbinenvarianten und zugehörige Lastdokumente

Die dimensionierenden Lasten für die Fundamentauslegung gemäß der obenstehenden Tabelle wurden mit dem dort genannten Prüfbericht bestätigt und werden als richtig vorausgesetzt. Die angesetzte Entwurfslebensdauer der Windenergieanlage beträgt 25 Jahre.

In der statischen Berechnung des Fundaments [1] wurden die Lasten aus der Revision 2.0 des Lastdokuments [9] verwendet. Die Lasten aus Revision 2.0 und der geprüften Revision 3.0 des Lastdokuments [9] sind identisch.

Einwirkungen aus Erdbeben wurden wie in [10] beschrieben berücksichtigt.

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

3.3 Baugrund

Die in der Berechnung [1] unterstellten Bodenkennwerte zur Bestimmung der horizontalen Bettung der Pfähle betragen:

Bodenschicht	Tiefe (ab UK Fundament) [m]	$E_{s,stat}$ [MN/m²]
nicht tragfähiger Baugrund	0 – 1	0
	1 – 15	1
tragfähiger Baugrund	15,0 – 20,0	30

Tabelle 4: Angenommene Eigenschaften des Bodens

Die Mindestwerte der dynamischen und statischen Drehfedersteifigkeit sowie der dynamischen horizontalen Wegfedersteifigkeit des Gesamtsystems aus Boden und Tiefgründung betragen gemäß Technischem Datenblatt [2]:

$k_{h,dyn}$	$k_{\varphi,dyn}$	$k_{\varphi,stat}$
350 MN/m	160 GNm/rad	20 GNm/rad

Tabelle 5: Mindestwerte der Federsteifigkeiten

Das Fundament wird als erhöhtes Fundament ausgeführt, wobei die Unterkante der 10 cm starken Sauberkeitsschicht auf Höhe der ursprünglichen Geländeoberkante liegt. Der höchste für den Lastfall Auftrieb nachgewiesene Wasserstand liegt bei Oberkante Gelände, sodass nur die Vertiefung unterhalb des Fundamentsockels Auftrieb erfährt.

4 Prüfumfang

Dieser Prüfbericht für eine Typenprüfung umfasst die Prüfung hinsichtlich der Standsicherheit des in Abschnitt 3 beschriebenen Fundaments auf Basis der in Abschnitt 2.1 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.

Die Überprüfung der Standorteignung sowie des Blitzschutz-/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.

Die zur Prüfung vorgelegten Unterlagen beinhalten Text in mehreren Sprachen. Im Rahmen der Bewertung wurden nur die Inhalte in deutscher Sprache berücksichtigt.

5 Bemerkungen

5.1 Allgemein

Wenn nicht anders angegeben, wurden die eingereichten Nachweise durch Vergleichsrechnung geprüft.

Die Bauteile wurden für die Lasten in den in Tabelle 3 angegebenen Dokumenten nachgewiesen.

Die in den eingereichten Unterlagen angegebenen rechnerischen Restsicherheiten werden nicht bestätigt. Es können jedoch ausreichende Sicherheiten im Hinblick auf die Bewertungsgrundlage in Abschnitt 2.1 bestätigt werden.

Die vorgelegten Zeichnungen wurden auf Übereinstimmung mit den Annahmen der Berechnung geprüft. Die vorgelegten Spezifikationen wurden auf Übereinstimmung mit den relevanten Parametern der Berechnungen überprüft.

Die Anforderungen an die Herstellungsprozesse, die zum Erreichen der im Rahmen der Konstruktion angenommene Qualität erforderlich sind, werden als geeignet angesehen.

5.2 Ausführungsvarianten

Das Fundament kann wahlweise ohne Arbeitsfugen oder abschnittsweise gemäß [3] und [4] hergestellt werden.

Varianten bezüglich der Pfahlanordnung sind in Kapitel 3 beschrieben.

5.3 Schnittstellen

Die Nachweise des Ankerkorbs (bestehend aus Ankerbolzen und Ankerring) gemäß [11] und [12] sowie der Lasteinleitung in den Beton des Fundaments wurden mit Prüfbericht [10] bestätigt. Mit diesem Prüfbericht für das Fundament wird bestätigt, dass die in der statischen Berechnung des Ankerkorbs getroffenen Annahmen mit den Randbedingungen dieses Fundaments übereinstimmen und die Prüfaussage in [10] für dieses Fundament gültig ist.

5.4 Pfähle

Die Nachweise der inneren und äußeren Tragfähigkeit der Pfähle sind nicht Gegenstand dieser Prüfung.

5.5 Bau- und Wartungszustände

Die in [1] nachgewiesenen Bau- und Wartungszustände sind mit Ausnahme der Nachweise für Lasten aus wirbelerregten Querschwingungen nicht Bestandteil dieser Prüfung.

5.6 Schiefstellung des Turms

Die Lasten aus [8] und [9] enthalten bereits Effekte aus einer Turmschiefstellung, aus Differenzsetzungen des Fundaments sowie aus einer zusätzlichen Schiefstellung infolge der Berücksichtigung statischer Bodenkennwerte. Details zur Schiefstellung können dem Prüfbericht zum Turm [10] entnommen werden.

6 Prüfergebnis

Die Berechnungen und die zugehörigen Konstruktions- und Bewehrungszeichnungen für das Fundament entsprechen den in Abschnitt 2.1 genannten Normen und Richtlinien und sind im Wesentlichen vollständig und richtig.

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

Auflagen

Baugrund und Pfähle

1. Die vorhandenen Bodenkennwerte, die Zuordnung des Bodens zu Expositionsklassen nach DIN EN 1992-1-1 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 sowie der horizontalen Wegfeder des Gesamtsystems aus Boden und Fundament gemäß Abschnitt 3.3 müssen für den jeweiligen Standort nachgewiesen werden.
4. Die im geotechnischen Entwurfsbericht angenommenen Baugrundverhältnisse sind beim Baugrubenaushub vom Bodengutachter zu überprüfen und zu bestätigen.
5. Für eine Errichtung in Erdbebengebieten ist durch den Bodengutachter generell die Eignung der Pfahlgründung unter Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse zu bestätigen.
6. Die Pfahlschnittgrößen sind in Abhängigkeit der anstehenden Bettung standortspezifisch zu ermitteln. Die Nachweise der inneren und äußeren Tragfähigkeit der Pfähle sind für jeden Standort gesondert zu erbringen und die Mindestpfahllängen festzulegen.
7. Bei den Nachweisen der inneren und äußeren Tragfähigkeit der Pfähle sind mögliche Pfahllasten aufgrund von Konsolidierung des schwach tragfähigen Bodens oder Grundwasserschwankungen zu berücksichtigen. Die Grundbruch- und Durchstanzsicherheit des Einzelpfahls und der Pfahlgruppe sowie gegebenenfalls Knicknachweise schlanker Pfähle sind für jeden Standort gesondert zu erbringen. Die Einflüsse der zyklischen Beanspruchung sind dabei zu berücksichtigen. Die Anschlussbewehrung der Pfähle ist mit ausreichender Verankerungslänge in das Fundament einzubinden.
8. Die in der Auslegung getroffenen Annahmen bezüglich der äußeren Pfahltragfähigkeiten sind beim Rammen bzw. Bohren der Pfähle zu bestätigen.
9. Der unter dem Fundament anstehende gering tragfähige Boden muss entsprechend den Vorgaben in [3] und [4] mindestens das Frischbetongewicht des ersten Betonierabschnitts aufnehmen können. Alternativ ist der Boden entsprechend den Angaben des Bodengutachters auszutauschen.

Ausführung Fundament

10. Sollte Expositionsklasse XA oder XS gemäß DIN EN 1992-1-1 abweichend von den in Schal- und Bewehrungsplänen gewählten Expositionsklassen am Standort zu berücksichtigen sein, so sind gegebenenfalls zusätzliche Maßnahmen zum Schutz des Betons und der Bewehrung zu ergreifen.
11. Zur Begrenzung der Rissbildung infolge Hydratationswärmeentwicklung sind geeignete betontechnologische Maßnahmen zu ergreifen.
12. Es muss sichergestellt werden, dass zwischen Turmfußflansch und Fundamentbeton auch nach dem Kriechen und Schwinden des Betons gleichmäßiger und vollständiger Kontakt vorliegt.
13. Das Fundament ist mit einer Bodenaufschüttung gemäß [3] und [4] dauerhaft zu überschütten. Das Material der Überschüttung muss die in [3] und [4] spezifizierte Mindestwichte im Trockenzustand aufweisen und muss maschinell verdichtet werden. Die Überschüttung muss gleichmäßig über den Umfang verteilt sein.

Prüfintervalle

14. Die Anforderungen an die wiederkehrenden Prüfungen gemäß 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
Prüfamt für Standsicherheit für die
bautechnische Prüfung von Windenergieanlagen

Der Bearbeiter

J. González

Der Leiter

i.V. S. Mayer

Technisches Datenblatt
Technical Data Sheet

E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01

E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01

Tiefgründung
Deep Foundation

WZ S (DIBt-Richtlinie, Fassung Oktober 2012)
WTC WK S (IEC 61400-1, 4th Edition, 2019-02)

© ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

ENERCON
ENERGY FOR THE WORLD

Released: 2025-09-25 07:25

D03118965-2.0

Herausgeber

ENERCON Global GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109
E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
Geschäftsführer: Uwe Eberhardt, Ulrich Schulze Südhoff
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 202549
Ust.Id.-Nr.: DE285537483

Urheberrechtshinweis

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

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

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

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

Geschützte Marken

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

Änderungsvorbehalt

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

Publisher

ENERCON Global GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Germany
Phone: +49 4941 927-0 ▪ Fax: +49 4941 927-109
E-mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
Managing Directors: Uwe Eberhardt, Ulrich Schulze Südhoff
Local court: Aurich ▪ Company registration number: HRB 202549
VAT ID no.: DE285537483

Copyright notice

The entire content of this document is protected by copyright and – with regard to other intellectual property rights – international laws and treaties. ENERCON Global GmbH holds the rights in the content of this document unless another rights holder is expressly identified or obviously recognisable.

ENERCON Global GmbH grants the user the right to make copies and duplicates of this document for informational purposes for its own intra-corporate use; making this document available does not grant the user any further right of use. Any other duplication, modification, dissemination, publication, circulation, surrender to third parties and/or utilisation of the contents of this document – also in part – shall require the express prior written consent of ENERCON Global GmbH unless any of the above is permitted by mandatory legislation.

The user is prohibited from registering any industrial property rights in the know-how reproduced in this document, or for parts thereof.

If and to the extent that ENERCON Global GmbH does not hold the rights in the content of this document, the user shall adhere to the relevant rights holder's terms of use.

Registered trademarks

Any trademarks mentioned in this document are intellectual property of the respective registered trademark holders; the stipulations of the applicable trademark law are valid without restriction.

Reservation of right of modification

ENERCON Global GmbH reserves the right to change, improve and expand this document and the subject matter described herein at any time without prior notice, unless contractual agreements or legal requirements provide otherwise.

© ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

Released: 2025-09-25 07:25

Dokumentinformation / Document details

Dokument-ID Document ID	D03118965-2.0
Vermerk Note	Originaldokument Original document

Datum Date	**Sprache** Language	**DCC**	**Werk / Abteilung** Plant / Department
2025-02-14	de;en	DA	WRD / Turbine Structure

Ergänzende Angaben / Additional notes

Angaben zum Original (ger;eng) **Original document details**		**Angaben zur Übersetzung (--)** **Translation details**	
Erstellt/Datum: Created/Date:	Villada Gonzalez, J. / 2025-02-14	Übersetzt/Datum: Translated/Date:	
Geprüft/Datum: Checked/Date:	Cygon, K. / 2025-02-14	Geprüft/Datum: Checked/Date:	

Revisionen / Revisions

Rev.	Datum/Date	Änderung/Change	Erstellt/Created
0	2025-02-14	Dokument erstellt Document created	JAV
1	2025-05-16	Stahlgewicht, Pfahlkräfte und Pfahlschnittgrößen / Steel weight, pile loads and pile stress results	RJT
2	2025-09-25	Steel weight updated as per TUV remarks	RJT

Dieses Dokument wurde auf Anfrage bzw. für einen bestimmten Auftrag verschickt. Der Empfänger wurde nicht registriert.
Der Empfänger wird bei Änderung nicht automatisch informiert.

This document has been forwarded upon request or with regard to a specific order. The recipient has not been registered.
The recipient will not be automatically notified about any amendments.

© ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

1 Allgemeine Angaben / General information

Statische Berechnung	ENERCON GmbH	*Structural analysis*
Tiefgründung	Ø 22,00 m	*Deep foundation*
Dokument ID	D03129912	*Document ID*

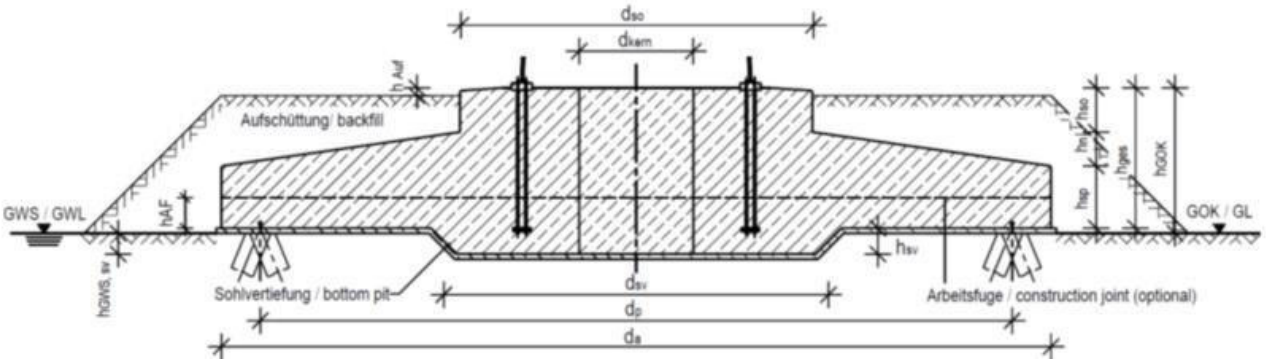
Released: 2025-09-25 07:25

2 Fundamentgeometrie / Foundation dimensions

Außendurchmesser	d_a	22,00	m	***Outer diameter***
Sockeldurchmesser	d_{so}	12,00	m	***Base diameter***
Durchmesser Fundamentkern	d_{kern}	7,20	m	***Diameter of foundation core***
Pfahlkreisdurchmesser Variante A	d_p	20,80	m	***Pile ring diameter option A***
Pfahlkreisdurchmesser Variante B	d_p	20,40	m	***Pile ring diameter option B***
Fundamenthöhe	h_{ges}	2,90	m	***Foundation height***
Sockelhöhe	h_{so}	0,40	m	***Base height***
Höhe Spornneigung	h_n	1,30	m	***Spur incline height***
Spornhöhe	h_{sp}	1,20	m	***Spur height***
Mittlerer Durchmesser Sohlvertiefung	d_{sv}	12,50	m	***Average diameter of bottom pit***
Höhe Sohlvertiefung	h_{sv}	0,50	m	***Height of bottom pit***
Höhe OK Fundament bis OK Aufschüttung	h_{Auf}	0,15	m	***Height from top of foundation to top of backfill***
Höhe OK Fundament bis OK Gelände	h_{GOK}	3,00	m	***Height from top of foundation to ground level***
Optionale Arbeitsfuge über UK Fundament	h_{AF}	0,70	m	***Optional construction joint above bottom of foundation***
Höhe maximal zulässiger Grundwasserstand GWS über Sohlvertiefung	$h_{GWS,sv}$	0,40	m	***Height of maximum permissible groundwater level GWL above bottom pit***
Fundamentvariante DIBt: Betongüte und Volumen	C 35/45	866	m³	***Foundation option DIBt: Concrete quality and volume***
Maximales Stahlgewicht				***Maximum steel weight***
mit Arbeitsfuge	B 500B	100.6	t	***with construction joint***
ohne Arbeitsfuge	B 500B	97.8	t	***without construction joint***

Je nach Pfahlvariante kann das angegebene Stahlgewicht etwas geringer ausfallen

Depending on the pile option, the specified steel weight may be slightly lower



© ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

Released: 2025-09-25 07:25

2.1 Pfahlvarianten / Pile options

Pfähle / Piles:		
Variante A / Option A:	**58 nach außen und innen geneigt** **58 inclined to the outside and inside**	a/b 45/45 cm Ø 51 cm
Variante B / Option B:	**22 vertikal** **22 vertical**	Ø 100 cm

2.2 Ergänzende Anforderungen / Additional requirements

Bei der Planung der Arbeitsebene für den Pfahlbau ist zu beachten, dass die Pfahlanschlussbewehrung über der Geländeoberkante liegt.

When planning the working platform for pile construction, it must be ensured that the pile connection reinforcement is above the top ground level.

Es ist eine fachlich qualifizierte Planung der Arbeitsebene erforderlich. Auf die Pfähle ggf. einwirkende zusätzliche Belastungen durch die Arbeitsebene, Bodenaufschüttung und Kranstellflächen (z. B. Seitendruck, Auflast auf Schrägpfähle) sind statisch zu berücksichtigen.

A technically qualified planning of the working platform is required. Any additional loads acting on the piles due to the working platform, soil backfill and crane set-up platforms (e.g. lateral pressure, load on inclined piles) must be taken into account statically.

3 Mindestdreh- und -wegfedersteifigkeiten Minimum rotational and translational spring stiffness

Die folgenden Mindestwerte für die Dreh- und Wegfedersteifigkeit müssen vom Gesamtsystem eingehalten werden:

The following minimum values for the rotational and translational spring stiffness must be satisfied by the total system:

Baugrund + Pfahlsystem + Fundamentkörper		***Subsoil + pile system + foundation body***
Statische Drehfeder	**$k_{\varphi,stat}$ = 20000 MNm/rad**	***Static rotational spring***
Dynamische Drehfeder	**$k_{\varphi,dyn}$ = 160000 MNm/rad**	***Dynamic rotational spring***
Dynamische Wegfeder	**$k_{F,dyn}$ = 350 MN/m**	***Dynamic translational spring***

Die Einhaltung der angegebenen Werte ist durch einen geotechnischen Sachverständigen oder den Aufsteller der Pfahlstatik zu bestätigen.

Compliance with the specified values must be confirmed by a geotechnical expert or the designer of the pile structural analysis.

© ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

Released: 2025-09-25 07:25

4 Zulässige Setzungen / Permissible settlements

Maximal zulässige Differenzsetzung und Gesamtsetzung in 25 Jahren, bezogen auf den Pfahlkreisdurchmesser:		*Maximum permissible differential settlement and total settlement within 25 years, related to the pile ring diameter:*
Differenzsetzung (Schiefstellung)	**$\Delta s \leq 3$ mm/m**	***Differential settlement (misalignment)***
Gesamtsetzung	**$s_{ges.} \leq 3$ mm/m**	***Total settlement***

5 Pfahlkräfte / Pile loads

Für den Nachweis der Pfahltragsicherheit sind sowohl Tragfähigkeitsnachweise wie auch Gebrauchstauglichkeitsnachweise zu führen.

Documented evidence of the structural safety of piles requires load-carrying analyses and proof of serviceability.

Die angegebenen Pfahlkräfte dienen der Vorbemessung und sind im Rahmen der standortspezifischen Pfahlstatik neu zu ermitteln.

The pile forces specified here are for preliminary design and are to be re-determined as part of the site-specific pile structural analysis.

Die erforderlichen Pfahllängen sind zu bestimmen und die Eignung des Pfahlsystems ist zu prüfen.

The required pile lengths are to be determined and the suitability of the pile system is to be checked.

Es werden **nur die axialen Pfahllasten** für die ungünstigste Lastfallkombination angegeben. Die Lasten beziehen sich auf Oberkante Pfahl ohne Pfahleigengewicht.

Only axial pile loads *for the worst load case combination are indicated. Loads refer to the top edge of the pile without considering the dead load of the pile.*

Die hier angegebenen Pfahllasten enthalten eine Betonwichte γ = 25 kN/m³ für das Fundament und eine Bodenwichte γ = 18 kN/m³ für die Aufschüttung.

The pile loads specified here include a concrete unit weight γ = 25 kN/m³ for the foundation and a soil unit weight γ = 18 kN/m³ for the backfill.

Erläuterungen:		***Explanations:***
Anteil infolge ständiger Lasten	F_G	*portion due to permanent loads*
Anteil infolge veränderlicher Lasten	F_Q	*portion due to variable loads*
Charakteristische Lasten	F_k	*characteristic loads*
Bemessungswerte der Lasten	F_d	*load design values*
Summe aus ständigen und veränderlichen Lasten	ΣF	*sum of permanent and varying loads*

© ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

Released: 2025-09-25 07:25

5.1 Variante A / Option A

Querschnitt Breite/Breite oder Querschnitt Durchmesser	45/45 cm 51 cm		*Cross section width/width or* *Cross section diameter*
Anzahl Pfähle	58		*Quantity of piles*
Pfahllänge (Nachweislänge in statischer Berechnung)	20,0 m		*Pile length (proof length in static calculation)*
Anzahl Neigung nach außen	29	4:1	*Quantity outward inclination*
Anzahl Neigung nach innen	29	9:1	*Quantity inward inclination*

Charakteristische axiale Pfahllasten SLS / Characteristic axial pile loads SLS

Lastfall / ***Load case***		**($\gamma_{G,min}/\gamma_{G,max}$)**	**$F_{Gk,min}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy*	**$F_{Gk,max}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy*	**F_{Qk} in kN**	**ΣF_k in kN**
N / A / T	**Druck** / ***Compression***	(1.00/1.00)	-640	-	-880	**-1520**
N / A / T	**Zug** / ***Tension***	(1.00/1.00)	-	-612	858	**246**

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte (γ_F = 1,00)

Loads do not include partial safety factors (γ_F = 1.00)

Bemessungswerte der axialen Pfahllasten ULS / Design values of axial pile loads ULS

Lastfall / ***Load case***		**($\gamma_{G,min}/\gamma_{G,max}$)**	**$F_{Gd,min}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy*	**$F_{Gd,max}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy*	**F_{Qd} in kN**	**ΣF_d in kN**
N / T	**Druck** / ***Compression***	(1.35/0.90)	-815	-	-1039	**-1854**
N / A / T	**Zug** / ***Tension***	(1.10/0.90)	-	-549	1022	**473**

alle Lasten inklusive Teilsicherheitsbeiwerte ($\gamma_{Auftrieb}$ = 1,10)

All loads include partial safety factors ($\gamma_{buoyancy}$ = 1.10)

© ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

Released: 2025-09-25 07:25

5.2 Variante B / Option B

Querschnitt Durchmesser	100 cm	*Cross section diameter*
Anzahl Pfähle	22	*Quantity of piles*
Pfahllänge (Nachweislänge in statischer Berechnung)	20,0 m	*Pile length (proof length in static calculation)*
Anzahl vertikal	22	*Quantity vertical*

Charakteristische axiale Pfahllasten SLS / Characteristic axial pile loads SLS

Lastfall / ***Load case***		**($\gamma_{G,min}/\gamma_{G,max}$)**	**$F_{Gk,min}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy*	**$F_{Gk,max}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy*	**F_{Qk} in kN**	**ΣF_k in kN**
N / A / T	**Druck** / ***Compression***	(1.00/1.00)	-1687	-	-2291	**-3978**
N / A / T	**Zug** / ***Tension***	(1.00/1.00)	-	-1614	2290	**676**

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte (γ_F = 1,00)

Loads do not include partial safety factors (γ_F = 1.00)

Bemessungswerte der axialen Pfahllasten ULS / Design values of axial pile loads ULS

Lastfall / ***Load case***		**($\gamma_{G,min}/\gamma_{G,max}$)**	**$F_{Gd,min}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy*	**$F_{Gd,max}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy*	**F_{Qd} in kN**	**ΣF_d in kN**
N / T	**Druck** / ***Compression***	(1.35/0.90)	-2148	-	-2660	**-4808**
N / A / T	**Zug** / ***Tension***	(1.10/0.90)	-	-1448	2680	**1232**

alle Lasten inklusive Teilsicherheitsbeiwerte ($\gamma_{Auftrieb}$ = 1,10)

All loads include partial safety factors ($\gamma_{buoyancy}$ = 1.10)

© ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

Released: 2025-09-25 07:25

6 Bemessungswerte der Pfahlschnittgrößen/ Pile stress resultant design values

Pfahlvariante / ***Pile option***		**A**	**B**
Anzahl Pfähle / ***Number of piles***		**58**	**22**
Horizontalkraft (Pfahloberkante) / *Horizontal force (top edge of pile)*	**H_d**	**69.6 kN***	**185 kN***
Einspannmoment in der Platte / *Fixed-end moment in plate*	**M_d**	**-163 kNm***	**-736 kNm***
Max. Moment in Pfahlmitte / *Max. moment at centre of pile*	**M_d**	**99 kNm***	**198 kNm***

* in Abhängigkeit von der anstehenden Bettung / *depending on subgrade reaction*

Die Bemessungswerte der Pfahlschnittgrößen dürfen für eine Vorbemessung verwendet werden und sind mit den Bemessungswerten der Pfahlkräfte ungünstig zu kombinieren.

The design values of the pile stress resultants may be used for a preliminary design and must be combined unfavorably with the design values of the pile loads.

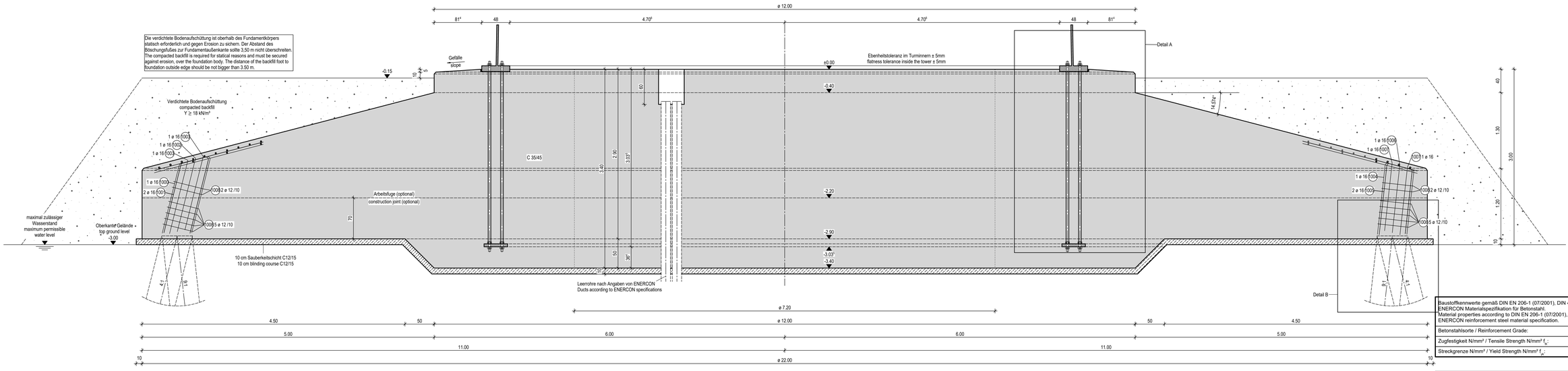
Der Nachweis der inneren Tragfähigkeit ist für jeden Standort gemäß ENERCON-Spezifikation "Nachweisführung der inneren Tragfähigkeit von Pfahlsystemen" zu führen.

The proof of the internal load-bearing capacity must be carried out for each site in accordance with the ENERCON specification document "Verification of internal pile capacity".

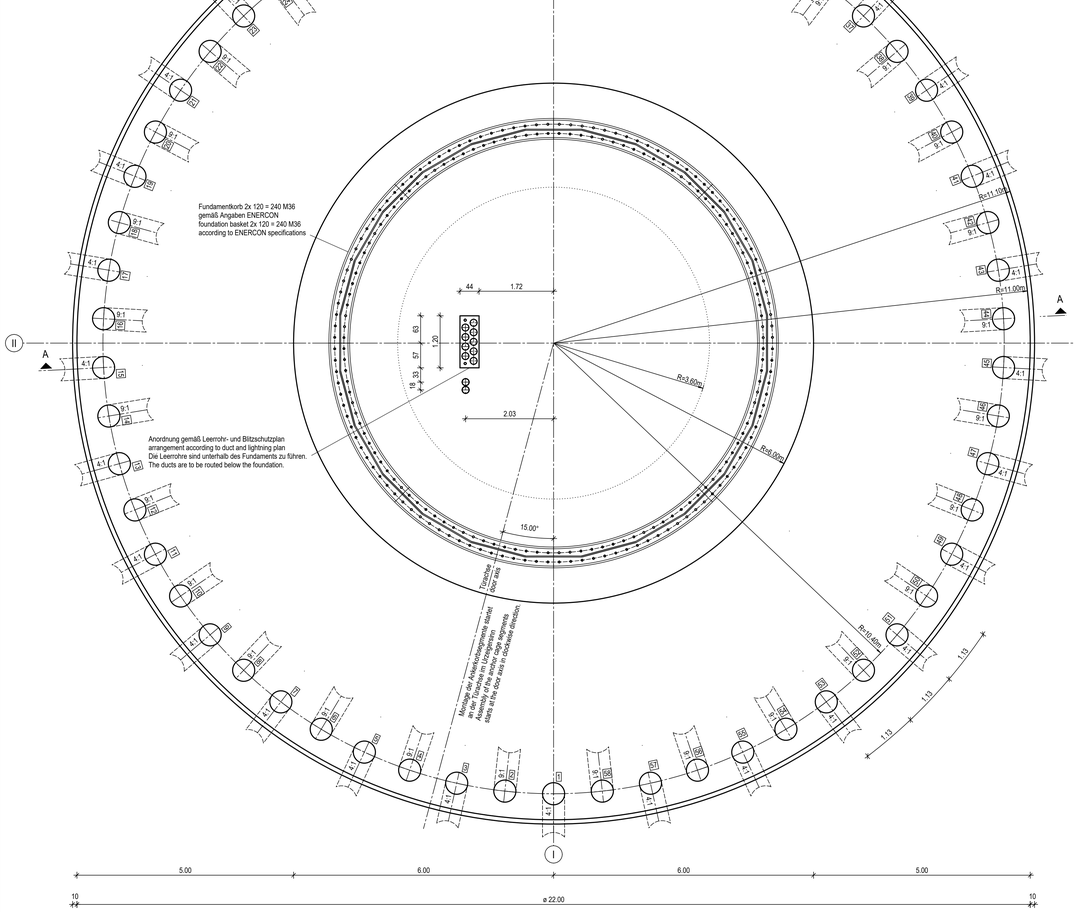
© ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

Released: 2025-09-25 07:25

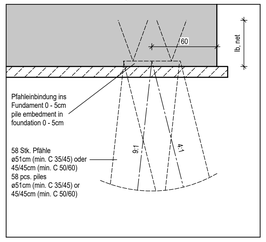
Schnitt A-A
section A-A
1:25

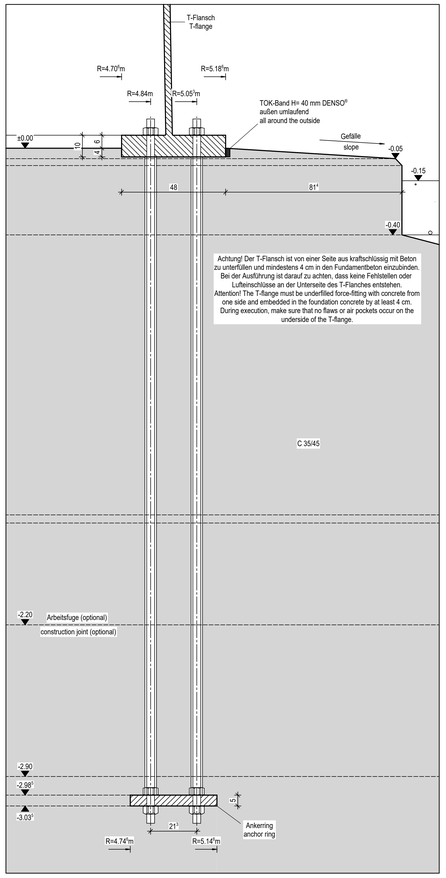


Draufsicht
top view
1:50

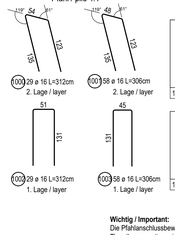


Detail B Pfahlkopf / detail B pile head
1:20





Pfahl / pile 4:1

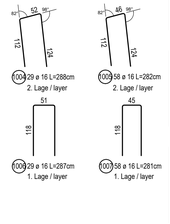


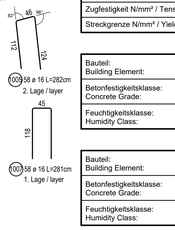
Anschlussbewehrung Pfahlkopf
connecting reinforcement pile head

Position	ø	Stk. / pcs. Ringe / rings	Stk. / pcs. Pro / per Ring	Stk. / pcs. 1+2	Biegen [m] radius	Radius [m]	Tangente Anfang [m] tangent start	Tangente Ende [m] tangent end	Übergreif. [m] overlapping
1008	12	2	29	58	2.200	0.260			0.500

Position	ø	Stk. / pcs. Ringe / rings	Stk. / pcs. Pro / per Ring	Stk. / pcs. 1+2	Biegen [m] radius	Radius [m]	Tangente Anfang [m] tangent start	Tangente Ende [m] tangent end	Übergreif. [m] overlapping
1008	12	5	29	145	2.200	0.260			0.500

Pfahl / pile 9:1





Wichtig / Important:
Die Pfahlanschlussbewehrung ist standortbezogen zu überprüfen.
The pile connecting reinforcement is to be checked site-specific.

Der hier dargestellte Gesamtbewehrungsquerschnitt je Pfahl ist statisch erforderlich und darf auch dann nicht reduziert werden, wenn die standortbezogene Überprüfung weniger Bewehrung ergibt.
The total reinforcement cross section per pile shown here is structurally required and must not be reduced even if the site-specific check shows less reinforcement.

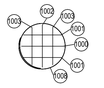
Die Steckbügel müssen abhängig von ihrer Ausrichtung die obere Radial- bzw. Ringbewehrung des Fundamentes umschließen.
Depending on their orientation, the U-stirrups must enclose the upper radial or ring reinforcement of the foundation.

Stabliste / Steel List

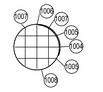
Pos. pos	Stck pcs	ø [mm]	Länge length [m]	Länge (ges.) length (all) [m]	Masse weight [kg]
1000	29	16	3.12	90.48	142.96
1001	58	16	3.06	177.48	280.42
1002	29	16	3.12	90.48	142.96
1003	58	16	3.06	177.48	280.42
1004	29	16	2.88	83.52	131.96
1005	58	16	2.82	163.56	258.42
1006	29	16	2.87	83.23	131.50
1007	58	16	2.81	162.98	257.51
1008	406	12	2.20	893.20	793.16

Gesamtmasse / total weight [kg] : 2419.31

Schnitt B-B (4:1)
section B-B (4:1)
1:25



Schnitt C-C (9:1)
section C-C (9:1)
1:25



Baustoffkennwerte gemäß DIN EN 206-1 (07/2001), DIN 488-1 (08/2009) und DIN 488-4 (08/2009), ENERCON Materialspezifikation für Betonstahl. Material properties according to DIN EN 206-1 (07/2001), DIN 488-1 (08/2009) and DIN 488-4 (08/2009) ENERCON reinforcement steel material specification.	
Betonstahlsorte / Reinforcement Grade:	B500B
Zugfestigkeit N/mm² / Tensile Strength N/mm² f_{tk}:	540 N/mm²
Streckgrenze N/mm² / Yield Strength N/mm² f_{yk}:	500 N/mm²

Baustoffkennwerte gemäß DIN EN 206-1 (07/2001), DIN 488-1 (08/2009) und DIN 488-4 (08/2009), ENERCON Materialspezifikation für Betonstahl. Material properties according to DIN EN 206-1 (07/2001), DIN 488-1 (08/2009) and DIN 488-4 (08/2009) ENERCON reinforcement steel material specification.	
Betonstahlsorte / Reinforcement Grade:	B400B
Zugfestigkeit N/mm² / Tensile Strength N/mm² f_{tk}:	432 N/mm²
Streckgrenze N/mm² / Yield Strength N/mm² f_{yk}:	400 N/mm²

Bauteil: Building Element:	Kreisfundament circular foundation	Betonmenge: Concrete Quantity:	866 m³
Betonfestigkeitsklasse: Concrete Grade:	C 35/45	Expositionsklassen: Exposure Classes:	XA 1, XC 4, XF 1
Feuchtigkeitsklasse: Humidity Class:	WF	Überwachungsklasse: Monitoring Class:	ÜK 2

Bauteil: Building Element:	Sauberkeitsschicht blinding course	Betonmenge: Concrete Quantity:	39,5 m³
Betonfestigkeitsklasse: Concrete Grade:	C 12/15	Expositionsklassen: Exposure Classes:	X 0
Feuchtigkeitsklasse: Humidity Class:	WF	Überwachungsklasse: Monitoring Class:	ÜK 0

Besondere Anforderungen / Special Requirements:

Erforderliche Oberflächenrauhigkeit der Arbeitsfuge 1 / 2. Betonierabschnitt Required surface roughness of construction joint 1st/ 2nd concreted section	glatt smooth
Festigkeitsklasse des 1. Betonierabschnittes vor Betonage des 2. Abschnittes mindestens Minimum strength class of the 1st concreted section before concreting the 2nd section	C 20/25
Größtkorn im Bereich der unteren und oberen Bewehrungslage Nominal value of maximum aggregates grain size at the bottom and top reinforcement	16 mm
Größtkorn im mittleren Fundamentbereich Nominal value of maximum aggregates grain size at the middle of the foundation	32 mm
Zement mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung Cement with low hydration heat	r ≤ 0,3
Konsistenzklasse im übrigen Fundament / consistency class in the rest of the foundation	F3 / S3
Konsistenzklasse im Bereich der Sohlvertiefung und des unteren Ankerrings / consistency class in the bottom pit and the lower anchor ring	F4 / S4
Maßgebender Zwang aus Abfließen der Hydratationswärme (früher Zwang). Annahme in der Statischen Berechnung: Decisive constraint due to heat of hydration (early constraint). Assumption in the structural calculation:	fct,eff=0,7*fctm

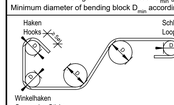
Bei Einstufung des Bauteils in die Expositionsklassen XS 1, XA 2 oder XA 3 sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich, sowie die DAfStb-Richtlinie "Massige Bauteile" aus Beton zu beachten.
When categorising the building element in the exposure classes XS1,XA2 or XA3 additional measures are required.The DAfStb guideline for massive elements is also to be adhered to.

Betondeckung / Concrete Cover:

Verlegemaß 1. Bewehrungslage Positioning Measurement 1st Reinforcement layer	C nom	unten / Bottom	50 mm
		oben Sockel / Top Plinth	50 mm
		oben Sporn / Top Foot	50 mm
		seitlich / Side	50 mm
Vorhaltemaß / Tolerance:		ΔC_{dev} =	15 mm

Die DBV-Merkblätter "Betondeckung und Bewehrung" und "Abstandhalter" sind zu berücksichtigen.
The DBV-guideline "Betondeckung und Bewehrung" and "Abstandhalter" to be considered.

Mindestwerte der Biegerollendurchmesser D_{min} gemäß: /
Minimum diameter of bending block D_{min} according to: DIN EN 1992-1-1/NA Tabelle NA.8.1a)



Haken, Winkelhaken, Schlaufen Hooks, Composing Sticks, Loops	Stabdurchmesser Bar-Diameter	ø < 20 mm	4 ø
		ø ≥ 20 mm	7 ø
Schrägstäbe oder andere gebogene Stäbe Sloped bars or other bended bars	seitliche Betondeckung Lateral Concrete Cover	> 100 mm > 7 ø	10 ø
		> 50 mm > 3 ø	15 ø
		≤ 50 mm ≤ 3 ø	20 ø

Zugehörige Zeichnungen / Relating Drawings:

Schalplan Nr. Formwork Plan No.	D03123732; D03123733
Bewehrungszeichnung Nr. Reinforcement Plan No.	B500: D03123734; D03123735
Leerrohr- / Blitzschutzplan Nr. duct and lightning plan No.	D03122249
Spezifikation: Specifications:	D0181818 - Materialspezifikation Betonstahl Reinforcing Steel Material Specification

Die gesonderten Fundament-Spezifikationen von ENERCON sind zu beachten.
The ENERCON foundation specifications must be considered.

Verdichtete Bodenaufschüttung / compacted backfill:

Es ist sicherzustellen, dass die Aufschüttung auf dem Fundament eine Wichte von γ ≥ 18 kN/m³ nach dem Verdichten aufweist. Die Aufschüttung ist für die Standsicherheit erforderlich und darf nicht entfernt werden.
It must be ensured that the backfill on the foundation spur has a weight of γ ≥ 18 kN/m³ after compaction. The backfill is required for stability and must not be removed.

Rammebene / Pile-driving platform:

Die Rammebene ist auf der Geländeoberkante auszuführen.
Die Anforderungen und Anmerkungen im Technischen Datenblatt sind zu beachten.
The pile-driving platform must be executed on top ground level.
The requirements and annotations in the Technical Data Sheet must be observed.

Baugrundanforderungen / Soil Requirements:

Die innere und äußere Tragfähigkeit der Pfähle ist am jeweiligen Standort gesondert nachzuweisen.
For each particular site the internal and external load carrying capacity of the piles is to be checked.

Die Pfahllängen sind von einem Sachverständigen für Geotechnik festzulegen.
The pile lenghts are to be determined by a geotechnical specialist.

Erforderliche Mindestbodenpressung unter Sporn / Sockel, zur Aufnahme des Frischbetoneigengewichtes bei abschnittsweiser Betonage (mit Arbeitsfuge / 1. Abschnitt) Required minimum soil pressure below spur / base, to support the fresh concrete weight in case of concreting in sections (with construction joint / 1st section)	Spur: 18 kN/m² Base: 32 kN/m²
Erforderliche Mindestbodenpressung unter Sporn / Sockel, zur Aufnahme des Frischbetoneigengewichtes bei durchgehender Betonage (ohne Arbeitsfuge) Required minimum soil pressure below spur / base, to support the fresh concrete weight in case of continuous concreting (without construction joint)	Spur: 65 kN/m² Base: 88 kN/m²

Prüfstempel / Certification Stamp

Reviewed
see report no.: 4144246-10-e-7 Rev. 0
dated: 2025-10-21
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Wind Energy Systems

In bautechnischer Hinsicht geprüft.
siehe Prüfbericht Nr.: 4144246-10-d-7 Rev. 0
vom: 21.10.2025
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Prüfamt für Standsicherheit
von Windenergieanlagen

E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01 & E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01

Fundamentvariante / foundation option: DIBt; IEC; B500; B400	ø22.00m

© Copyright ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten. Diese Zeichnung ist Eigentum der Fa. ENERCON Global GmbH. Sie ist urheberrechtlich geschützt und steht zugleich im Betriebsgeheimnis im Sinne der §§ 17 ff UWG dar.
© Copyright ENERCON Global GmbH [US]. All rights reserved.

ENERCON ENERGY FOR THE WORLD
WRD Group Engineering Foundation
Maßstab / Scale: 1:25 / 1:50

Erstellt von / Created by:	E. Pallumbi	24.04.2025	No guarantee can be given in respect to this translation
Freigegeben / Approved:	R. Talluri	05.05.2025	

Rev.	Änderung / Change	Datum / date	Created:	Checked:

Variante A / option A: 58x ø51cm ; 58x 45/45cm

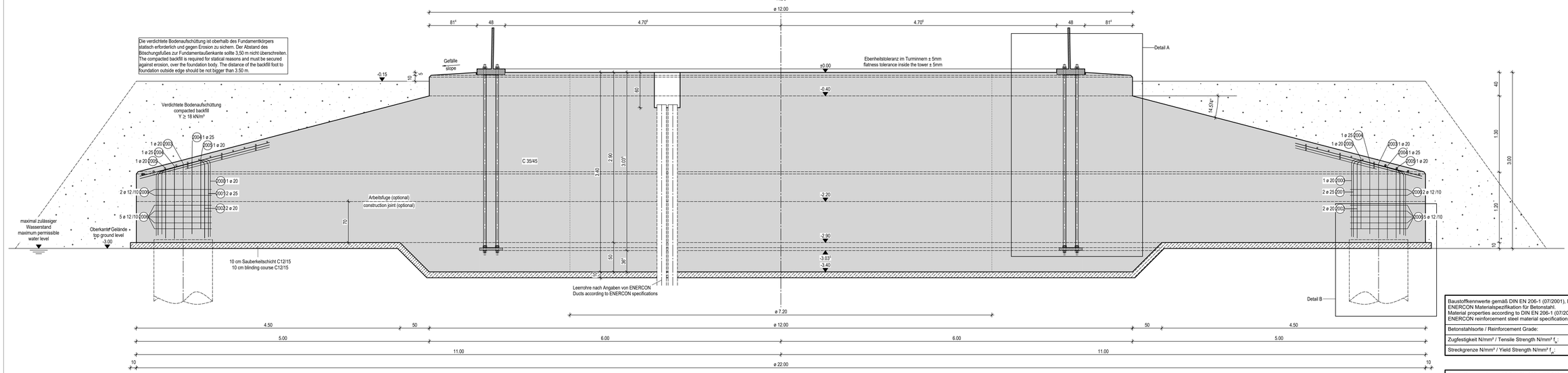
Schalplan
formwork plan
Tiefgründung
deep foundation

D03123732-0

Sprache / language: DEEN
Blatt / Sheet: 1
DIN A0

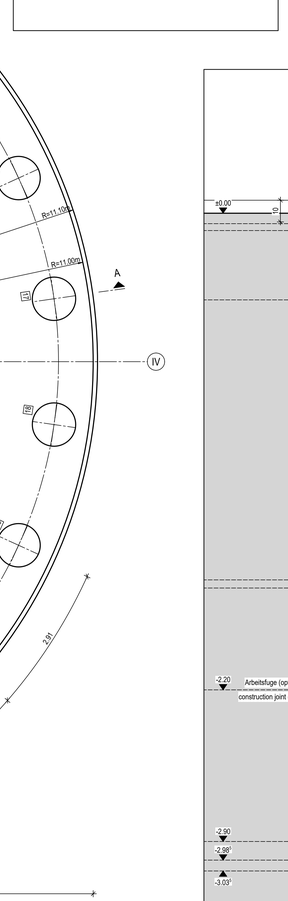
H/B = 841 / 1189 (1.00m²)
Allplan 2022

Schnitt A-A
section A-A
1:25



Draufsicht
top view
1:50

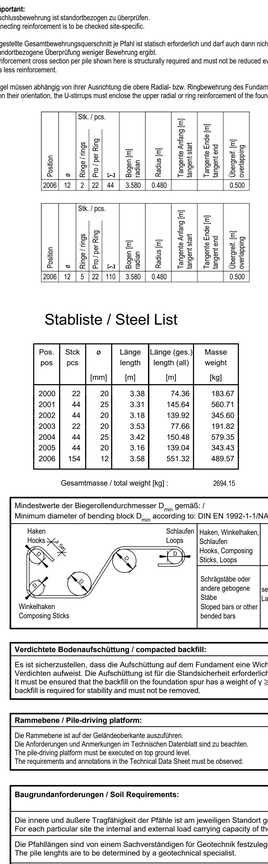
Detail B Pfahlkopf / detail B pile head
1:20



Schnitt B-B (Vertikal)
section B-B (vertical)
1:25



Anschlussbewehrung Pfahlkopf
connecting reinforcement pile head



Wichtig / Important:
Die Pfahlanschlussbewehrung ist standortbezogen zu überprüfen.
The pile connecting reinforcement is to be checked site-specific.

Der hier dargestellte Gesamtbewehrungsquerschnitt je Pfahl ist statisch erforderlich und darf auch dann nicht reduziert werden, wenn die standortbezogene Überprüfung weniger Bewehrung ergibt.
The total reinforcement cross section per pile shown here is structurally required and must not be reduced even if the site-specific check shows less reinforcement.

Die Steckbügel müssen abhängig von ihrer Ausrichtung die obere Radial- bzw. Ringbewehrung des Fundamentes umschließen.
Depending on their orientation, the U-stirrups must enclose the upper radial or ring reinforcement of the foundation.

Position	ø	Ringe / rings	Stk. / pcs. Pro / per Ring		Biegen [m] Bend	Radius [m]	Tangente Anfang [m] tangent start	Tangente Ende [m] tangent end	Übergreif. [m] overlapping
2006	12	2	22	44	3.580	0.480			0.500

Position	ø	Ringe / rings	Stk. / pcs. Pro / per Ring		Biegen [m] Bend	Radius [m]	Tangente Anfang [m] tangent start	Tangente Ende [m] tangent end	Übergreif. [m] overlapping
2006	12	5	22	110	3.580	0.480			0.500

Stabliste / Steel List

Pos. pos	Stck pcs	ø [mm]	Länge length [m]	Länge (ges.) length (all) [m]	Masse weight [kg]
2000	22	20	3.38	74.36	183.67
2001	44	25	3.31	145.64	560.71
2002	44	20	3.18	139.92	345.60
2003	22	20	3.53	77.66	191.82
2004	44	25	3.42	150.48	579.35
2005	44	20	3.16	139.04	343.43
2006	154	12	3.58	551.32	489.57

Gesamtmasse / total weight [kg] : 2694.15

Mindestwerte der Biegerollendurchmesser D_{min} gemäß: /
Minimum diameter of bending block D_{min} according to: DIN EN 1992-1-1/NA Tabelle NA.8.1a)

Haken, Winkelhaken, Schlaufen Hooks, Composing Sticks, Loops	Stabdurchmesser Bar-Diameter	ø < 20 mm	4 ø
		ø ≥ 20 mm	7 ø
Schrägstäbe oder andere gebogene Stäbe Sloped bars or other bended bars	seitliche Betondeckung Lateral Concrete Cover	> 100 mm > 7 ø	10 ø
		> 50 mm > 3 ø	15 ø
		≤ 50 mm ≤ 3 ø	20 ø

Verdichtete Bodenaufschüttung / compacted backfill:

Es ist sicherzustellen, dass die Aufschüttung auf dem Fundament eine Wichte von γ ≥ 18 kN/m³ nach dem Verdichten aufweist. Die Aufschüttung ist für die Standsicherheit erforderlich und darf nicht entfernt werden.
It must be ensured that the backfill on the foundation spur has a weight of γ ≥ 18 kN/m³ after compaction. The backfill is required for stability and must not be removed.

Rammebene / Pile-driving platform:

Die Rammebene ist auf der Geländeoberkante auszuführen.
Die Anforderungen und Anmerkungen im Technischen Datenblatt sind zu beachten.
The pile-driving platform must be executed on top ground level.
The requirements and annotations in the Technical Data Sheet must be observed.

Baugrundanforderungen / Soil Requirements:

Die innere und äußere Tragfähigkeit der Pfähle ist am jeweiligen Standort gesondert nachzuweisen.
For each particular site the internal and external load carrying capacity of the piles is to be checked.

Die Pfahllängen sind von einem Sachverständigen für Geotechnik festzulegen.
The pile lenghts are to be determined by a geotechnical specialist.

Erforderliche Mindestbodenpressung unter Sporn / Sockel, zur Aufnahme des Frischbetoneigengewichtes bei abschnittsweiser Betonage (mit Arbeitsfuge / 1. Abschnitt) Required minimum soil pressure below spur / base, to support the fresh concrete weight in case of concreting in sections (with construction joint / 1st section)	Spur: 18 kN/m² Base: 32 kN/m²
Erforderliche Mindestbodenpressung unter Sporn / Sockel, zur Aufnahme des Frischbetoneigengewichtes bei durchgehender Betonage (ohne Arbeitsfuge) Required minimum soil pressure below spur / base, to support the fresh concrete weight in case of continuous concreting (without construction joint)	Spur: 65 kN/m² Base: 88 kN/m²

Baustoffkennwerte gemäß DIN EN 206-1 (07/2001), DIN 488-1 (08/2009) und DIN 488-4 (08/2009), ENERCON Materialspezifikation für Betonstahl.
Material properties according to DIN EN 206-1 (07/2001), DIN 488-1 (08/2009) and DIN 488-4 (08/2009) ENERCON reinforcement steel material specification.

Betonstahlsorte / Reinforcement Grade:	B500B
Zugfestigkeit N/mm² / Tensile Strength N/mm² $f_{t,k}$:	540 N/mm²
Streckgrenze N/mm² / Yield Strength N/mm² $f_{y,k}$:	500 N/mm²

Baustoffkennwerte gemäß DIN EN 206-1 (07/2001), DIN 488-1 (08/2009) und DIN 488-4 (08/2009), ENERCON Materialspezifikation für Betonstahl.
Material properties according to DIN EN 206-1 (07/2001), DIN 488-1 (08/2009) and DIN 488-4 (08/2009) ENERCON reinforcement steel material specification.

Betonstahlsorte / Reinforcement Grade:	B400B
Zugfestigkeit N/mm² / Tensile Strength N/mm² $f_{t,k}$:	432 N/mm²
Streckgrenze N/mm² / Yield Strength N/mm² $f_{y,k}$:	400 N/mm²

Bauteil: Building Element:	Kreisfundament circular foundation	Betonmenge: Concrete Quantity:	866 m³
Betonfestigkeitsklasse: Concrete Grade:	C 35/45	Expositionsklassen: Exposure Classes:	XA 1, XC 4, XF 1
Feuchtigkeitsklasse: Humidity Class:	WF	Überwachungsklasse: Monitoring Class:	ÜK 2

Bauteil: Building Element:	Sauberkeitsschicht blinding course	Betonmenge: Concrete Quantity:	39,5 m³
Betonfestigkeitsklasse: Concrete Grade:	C 12/15	Expositionsklassen: Exposure Classes:	X 0
Feuchtigkeitsklasse: Humidity Class:	WF	Überwachungsklasse: Monitoring Class:	ÜK 0

Besondere Anforderungen / Special Requirements:

Erforderliche Oberflächenrauhigkeit der Arbeitsfuge 1./ 2. Betonierabschnitt Required surface roughness of construction joint 1st/ 2nd concreted section	glatt smooth
Festigkeitsklasse des 1. Betonierabschnittes vor Betonage des 2. Abschnittes mindestens Minimum strength class of the 1st concreted section before concreting the 2nd section	C 20/25
Größtkorn im Bereich der unteren und oberen Bewehrungslage Nominal value of maximum aggregates grain size at the bottom and top reinforcement	16 mm
Größtkorn im mittleren Fundamentbereich Nominal value of maximum aggregates grain size at the middle of the foundation	32 mm
Zement mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung Cement with low hydration heat	r ≤ 0,3
Konsistenzklasse im übrigen Fundament / consistency class in the rest of the foundation	F3 / S3
Konsistenzklasse im Bereich der Sohlvertiefung und des unteren Ankerrings / consistency class in the bottom pit and the lower anchor ring	F4 / S4
Maßgebender Zwang aus Abfließen der Hydratationswärme (früher Zwang). Annahme in der Statischen Berechnung: Decisive constraint due to heat of hydration (early constraint). Assumption in the structural calculation:	fct,eff=0.7*fctm

Bei Einstufung des Bauteils in die Expositionsklassen XS 1, XA 2 oder XA 3 sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich, sowie die DAfStb-Richtlinie "Massige Bauteile" aus Beton zu beachten.
When categorising the building element in the exposure classes XS1,XA2 or XA3 additional measures are required.The DAfStb guideline for massive elements is also to be adhered to.

Betondeckung / Concrete Cover:

Verlegemaß 1. Bewehrungslage Positioning Measurement 1st Reinforcement layer	C nom	unten / Bottom	50 mm
		oben Sockel / Top Plinth	50 mm
		oben Sporn / Top Foot	50 mm
		seitlich / Side	50 mm
Vorhaltemaß / Tolerance:		ΔC_{dev}=	15 mm

Die DBV-Merkblätter "Betondeckung und Bewehrung" und "Abstandhalter" sind zu berücksichtigen.
The DBV-guideline "Betondeckung und Bewehrung" and "Abstandhalter" to be considered.

Zugehörige Zeichnungen / Relating Drawings:

Schalplan Nr. Formwork Plan No.	D03123732; D03123733
Bewehrungszeichnung Nr. Reinforcement Plan No.	B500: D03123734; D03123735
Leerrohr- / Blitzschutzplan Nr. duct and lightning plan No.	D03122249
Spezifikation: Specifications:	D0181818 - Materialspezifikation Betonstahl Reinforcing Steel Material Specification

Die gesonderten Fundament-Spezifikationen von ENERCON sind zu beachten.
The ENERCON foundation specifications must be considered.

Prüfstempel / Certification Stamp

Reviewed
see report no.: 4144246-10-e-7 Rev. 0
dated: 2025-10-21
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Wind Energy Systems

In bautechnischer Hinsicht geprüft.
siehe Prüfbericht Nr.: 4144246-10-d-7 Rev. 0
vom: 21.10.2025
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Prüfamt für Standsicherheit
von Windenergieanlagen

E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01 & E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01

Fundamentvariante / foundation option: DIBt; IEC; B500; B400	ø22.00m

© Copyright ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten. Diese Zeichnung ist Eigentum der Fa. ENERCON Global GmbH. Sie ist urheberrechtlich geschützt und steht zugleich am Bestandsgeheimnis im Sinne der §§ 17 ff UWG. Sie
© Copyright ENERCON Global GmbH Ltd. All rights reserved.

ENERCON ENERGY FOR THE WORLD

WRD
Group Engineering Foundation

Maßstab / scale: 1:25 / 1:50

Variante B / option A: 22x ø100cm

Schalplan
formwork plan
Tiefgründung
deep foundation

D03123733-0

Sprache / language: DEEN

Blatt / Sheet: 1

Rev.	Änderung / Change	Datum / date	Created	Checked
	Erstellt von / Created by: E. Pallumbi	24.04.2025		
	Freigegeben / Approved: R. Talluri	05.05.2025		

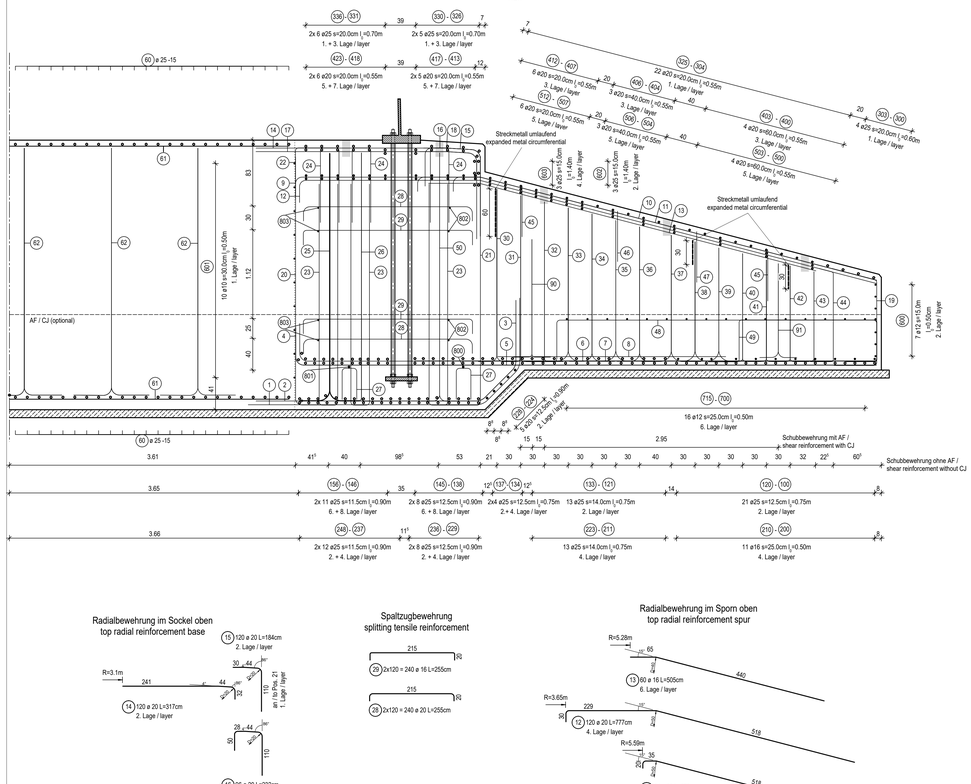
No guarantee can be given in respect to this translation

DIN A0

H/B = 841 / 1189 (1.00m²)

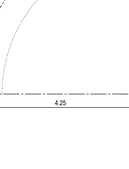
Allplan 2022

Schnitt
section
1:25



Radialbewehrung im Sockel oben
top radial reinforcement base

Spaltzugbewehrung
splitting tensile reinforcement



Radialbewehrung im Sporn oben
top radial reinforcement spur

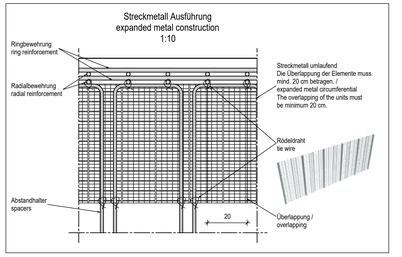
Draufsicht oben
top view top
1:50

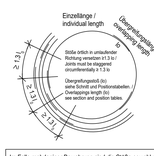
Position	a	Stk. / pcs. Ringe / rings	Pro / per Ring	Σ	Bogen [m] radian	Radius [m]	Tangente Anfang [m] tangent start	Tangente Ende [m] tangent end	Überlapp. [m] overlapping
300	25	1	7	7	10.400	10.890			0.600
301	25	1	6	6	11.830	10.700			0.600
302	25	1	6	6	11.630	10.510			0.600
303	25	1	6	6	11.420	10.310			0.600
304	20	1	6	6	11.170	10.120			0.550
305	20	1	6	6	10.970	9.930			0.550
306	20	1	6	6	10.760	9.730			0.550
307	20	1	6	6	10.560	9.540			0.550
308	20	1	6	6	10.360	9.350			0.550
309	20	1	6	6	10.160	9.150			0.550
310	20	1	5	5	11.830	8.960			0.550
311	20	1	5	5	11.350	8.770			0.550
312	20	1	5	5	11.350	8.570			0.550
313	20	1	5	5	11.100	8.380			0.550
314	20	1	5	5	10.860	8.180			0.550
315	20	1	5	5	10.620	7.990			0.550
316	20	1	5	5	10.370	7.800			0.550
317	20	1	5	5	10.130	7.600			0.550
318	20	1	5	5	9.890	7.410			0.550
319	20	1	5	5	9.640	7.220			0.550
320	20	1	5	5	9.400	7.020			0.550
321	20	1	5	5	9.160	6.830			0.550
322	20	1	4	4	11.010	6.640			0.550
323	20	1	4	4	10.700	6.440			0.550
324	20	1	4	4	10.400	6.250			0.550
325	20	1	4	4	10.090	6.060			0.550
326	25	2	4	8	10.030	5.910			0.700
327	25	2	4	8	9.720	5.710			0.700
328	25	2	4	8	9.400	5.510			0.700
329	25	2	4	8	9.090	5.310			0.700
330	25	2	4	8	8.770	5.110			0.700
331	25	2	4	8	8.170	4.730			0.700
332	25	2	4	8	7.850	4.530			0.700
333	25	2	4	8	7.540	4.330			0.700
334	25	2	4	8	7.220	4.130			0.700
335	25	2	4	8	6.910	3.930			0.700
336	25	2	3	6	8.560	3.730			0.700

Position	a	Stk. / pcs. Ringe / rings	Pro / per Ring	Σ	Bogen [m] radian	Radius [m]	Tangente Anfang [m] tangent start	Tangente Ende [m] tangent end	Überlapp. [m] overlapping
400	20	1	6	6	11.170	10.120			0.550
401	20	1	6	6	10.560	9.540			0.550
402	20	1	5	5	11.830	8.960			0.550
403	20	1	5	5	11.100	8.380			0.550
404	20	1	5	5	10.620	7.990			0.550
405	20	1	5	5	10.130	7.600			0.550
406	20	1	5	5	9.640	7.220			0.550
407	20	1	5	5	9.400	7.020			0.550
408	20	1	5	5	9.150	6.830			0.550
409	20	1	4	4	11.000	6.630			0.550
410	20	1	4	4	10.700	6.440			0.550
411	20	1	4	4	10.390	6.250			0.550
412	20	1	4	4	10.090	6.050			0.550
413	20	2	4	8	9.880	5.920			0.550
414	20	2	4	8	9.570	5.720			0.550
415	20	2	4	8	9.250	5.520			0.550
416	20	2	4	8	8.940	5.320			0.550
417	20	2	4	8	8.620	5.120			0.550
418	20	2	4	8	8.020	4.730			0.550
419	20	2	4	8	7.700	4.530			0.550
420	20	2	4	8	7.390	4.330			0.550
421	20	2	4	8	7.070	4.130			0.550
422	20	2	4	8	6.760	3.930			0.550
423	20	2	3	6	8.410	3.730			0.550

Position	a	Stk. / pcs. Ringe / rings	Pro / per Ring	Σ	Bogen [m] radian	Radius [m]	Tangente Anfang [m] tangent start	Tangente Ende [m] tangent end	Überlapp. [m] overlapping
500	20	1	6	6	11.170	10.120			0.550
501	20	1	6	6	10.560	9.540			0.550
502	20	1	5	5	11.830	8.960			0.550
503	20	1	5	5	11.100	8.380			0.550
504	20	1	5	5	10.610	7.990			0.550
505	20	1	5	5	10.130	7.600			0.550
506	20	1	5	5	9.640	7.210			0.550
507	20	1	5	5	9.400	7.020			0.550
508	20	1	5	5	9.150	6.830			0.550
509	20	1	4	4	11.000	6.630			0.550
510	20	1	4	4	10.690	6.440			0.550
511	20	1	4	4	10.390	6.250			0.550
512	20	1	4	4	10.090	6.050			0.550
602	25	3	5	15	8.850	5.910			1.400
603	25	3	5	15	8.790	5.860			1.400
802	10	4	4	16	9.240	5.550			0.500
803	10	4	3	12	8.670	3.890			0.500

Streckmetall Ausführung
expanded metal construction
1:10

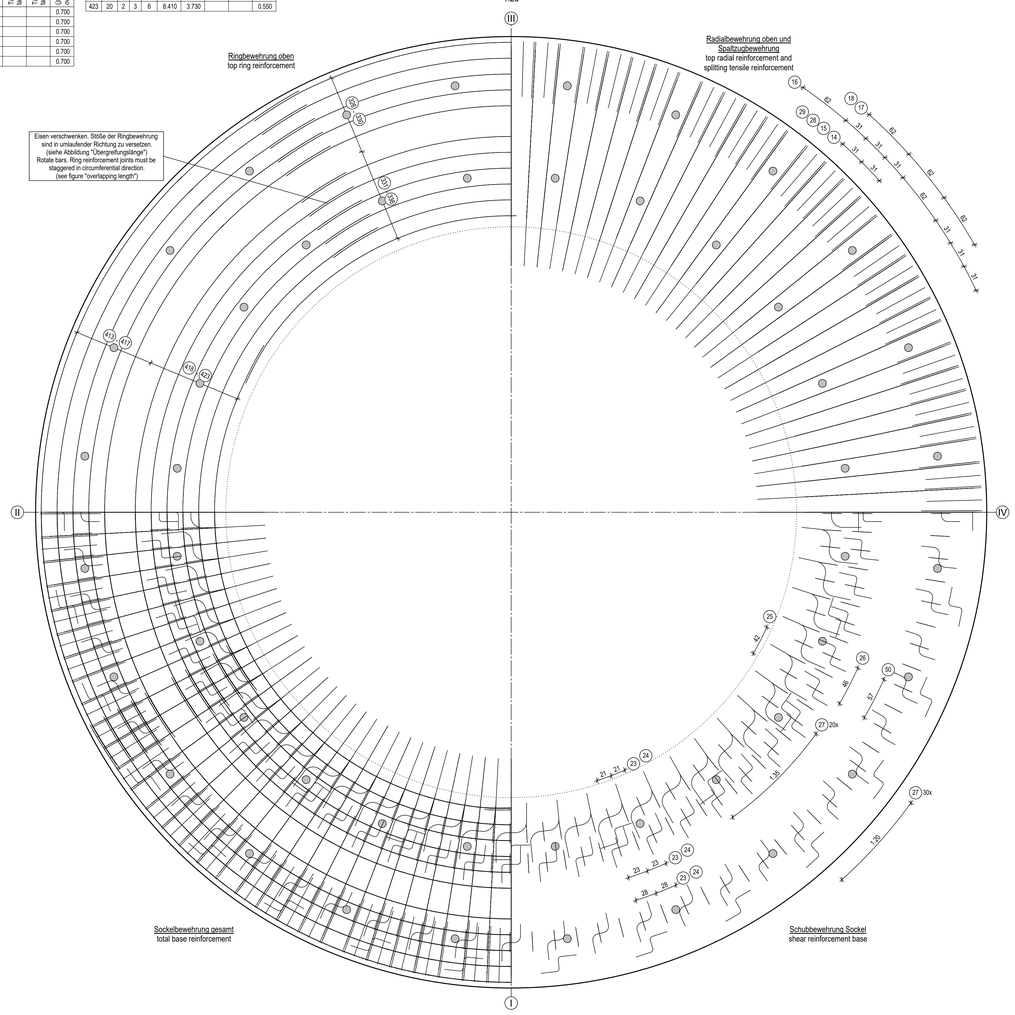




Im Falle mehrlägiger Bewehrung sind die Stöße sowohl nebeneinander als auch übereinander um ≥ 1.3 l_ü zu versetzen. /
In case of multi-layer reinforcement, joints have to be staggered by ≥ 1.3 l_ü both next to each other and on top of each other.

Im Spornbereich darf maximal jeder 3. Übergreifungsstoß in der gleichen radialen Stoßebene angeordnet werden. /
In the spur area, not more thanevery 3rd overlapping must be placed in the same radial lapped section.

Draufsicht Sockel
top view base reinforcement
1:25



Detail
Schutzkappe / safety cap



Materialanforderung Streckmetall / material specifications expanded metal:	
Rippenstreckmetall 035 / ribbed expanded metal 035 oder gleichwertiges Material / or equivalent material:	
Leistungserklärung; Produktvorlage / declaration of performance; product example:	Catnic GmbH: 035 P935
Materialstärke / material thickness:	0.25 - 0.30 mm
Werkstoff / material:	verzinktes Stahlblech / galvanized steel sheet
Oder Streckmetall / or expanded metal oder gleichwertiges Material / or equivalent material:	
Leistungserklärung; Produktvorlage / declaration of performance; product example:	recostal Streckmetalltafel / recostal expanded metal board
Materialstärke / material thickness:	0.70 - 1.50 mm
Werkstoff / material:	Feinmaschiges gewalztes Streckmetall / Fine-mesh rolled expanded metal

Der Fundamentkörper ist zwischen den Streckmetallreihen in Abschnitten mit maximal 20 cm Höhe gleichmäßig zu betonieren. Nur so ist gewährleistet, dass keine vertikale Fuge durch das Streckmetall entsteht. /
The foundation body is to be concreted evenly between the ribbed expanded metal rows in sections with a maximum height of 20 cm. This is the only way to ensure that no vertical joint is created by the ribbed expanded metal.

Mindestwerte der Biegerollendurchmesser D_{min} gemäß. / Minimum diameter of bending block D_{min} according to: DIN EN 1992-1-1/NA Tabelle NA.8.1a)



Haken, Winkelhaken, Schlaufen Hooks, Composing Sticks, Loops	Stabdurchmesser Bar-Diameter	ø < 20 mm	4 ø
		ø ≥ 20 mm	7 ø
Schrägstäbe oder andere gebogene Stäbe / Sloped bars or other bended bars	seitliche Betondeckung / Lateral Concrete Cover	> 100 mm > 7 ø	10 ø
		> 50 mm > 3 ø	15 ø
		≤ 50 mm ≤ 3 ø	20 ø

Baustoffkennwerte gemäß DIN EN 206-1 (07/2001), DIN 488-1 (08/2009) und DIN 488-4 (08/2009), ENERCON Materialspezifikation für Betonstahl. /
Material properties according to DIN EN 206-1 (07/2001), DIN 488-1 (08/2009) and DIN 488-4 (08/2009) ENERCON reinforcement steel material specification.

Betonstahlsorte / Reinforcement Grade:	B500B
Zugfestigkeit N/mm² / Tensile Strength N/mm² f_{uk}:	540 N/mm²
Streckgrenze N/mm² / Yield Strength N/mm² f_{yk}:	500 N/mm²

Bauteil: / Building Element:	Kreisfundament circular foundation	Betonmenge: / Concrete Quantity:	866 m³
Betonfestigkeitsklasse: / Concrete Grade:	C 35/45	Expositionsklassen: / Exposure Classes:	XA 1, XC 4, XF 1
Feuchtigkeitsklasse: / Humidity Class:	WF	Überwachungsklasse: / Monitoring Class:	ÜK 2

Bauteil: / Building Element:	Sauberkeitsschicht blinding course	Betonmenge: / Concrete Quantity:	39,5 m³
Betonfestigkeitsklasse: / Concrete Grade:	C 12/15	Expositionsklassen: / Exposure Classes:	X 0
Feuchtigkeitsklasse: / Humidity Class:	WF	Überwachungsklasse: / Monitoring Class:	ÜK 0

Besondere Anforderungen / Special Requirements:	
Erforderliche Oberflächenrauhigkeit der Arbeitsfuge 1./ 2. Betonierabschnitt / Required surface roughness of construction joint 1st/ 2nd concreted section	glatt / smooth
Festigkeitsklasse des 1. Betonierabschnittes vor Betonage des 2. Abschnittes mindestens / Minimum strength class of the 1st concreted section before concreting the 2nd section	C 20/25
Größtkorn im Bereich der unteren und oberen Bewehrungslage / Nominal value of maximum aggregates grain size at the bottom and top reinforcement	16 mm
Größtkorn im mittleren Fundamentbereich / Nominal value of maximum aggregates grain size at the middle of the foundation	32 mm
Zement mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung / Cement with low hydration heat	r ≤ 0,3
Konsistenzklasse im übrigen Fundament / consistency class in the rest of the foundation	F3 / S3
Konsistenzklasse im Bereich der Sohlvertiefung und des unteren Ankerrings / consistency class in the bottom pit and the lower anchor ring	F4 / S4
Maßgebender Zwang aus Abfließen der Hydratationswärme (früher Zwang). / Annahme in der Statischen Berechnung: / Decisive constraint due to heat of hydration (early constraint). / Assumption in the structural calculation:	fct,eff=0,7*fctm
Bei Einstufung des Bauteils in die Expositionsklassen XS 1, XA 2 oder XA 3 sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich, sowie die DAfStb-Richtlinie "Massige Bauteile" aus Beton zu beachten. / When categorising the building element in the exposure classes XS1,XA2 or XA3 additional measures are required.The DAfStb guideline for massive elements is also to be adhered to.	

Betondeckung / Concrete Cover:			
Verlegemaß / 1. Bewehrungslage / Positioning Measurement 1st Reinforcement layer	C nom	unten / Bottom	50 mm
		oben Sockel / Top Plinth	50 mm
		oben Sporn / Top Foot	50 mm
		seitlich / Side	50 mm
Vorhaltemaß / Tolerance:		ΔC_{dev} =	15 mm
Die DBV-Merkblätter "Betondeckung und Bewehrung" und "Abstandhalter" sind zu berücksichtigen. / The DBV-guideline "Betondeckung und Bewehrung" and "Abstandhalter" to be considered.			

Zugehörige Zeichnungen / Relating Drawings:	
Schalplan Nr. / Formwork Plan No.	D03123732; D03123733
Bewehrungszeichnung Nr. / Reinforcement Plan No.	B500: D03123734; D03123735
Leerrohr- / Blitzschutzplan Nr. / duct and lightning plan No.	D03122249
Spezifikation: / Specifications:	D0181818 - Materialspezifikation Betonstahl / Reinforcing Steel Material Specification
Die gesonderten Fundament-Spezifikationen von ENERCON sind zu beachten. / The ENERCON foundation specifications must be considered.	

Prüfstempel / Certification Stamp

Reviewed
see report no.: 4144246-10-e-7 Rev. 0
dated: 2025-10-21
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Wind Energy Systems

In bautechnischer Hinsicht geprüft.
siehe Prüfbericht Nr.: 4144246-10-d-7 Rev. 0
vom: 21.10.2025
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Prüfamt für Standsicherheit
von Windenergieanlagen

E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01 & E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01

Fundamentvariante / foundation option: DIBt; IEC; B500 — ø22.00m

© Copyright ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten. Diese Zeichnung ist Eigentum der TL ENERCON Global GmbH. Sie ist urheberrechtlich geschützt und darf zugleich mit Bestellgegenstand in Sinne der §§ 17 ff UrhG ohne Genehmigung weder vervielfältigt noch Dritten zugänglich gemacht werden. / © Copyright ENERCON Global GmbH Ltd. All rights reserved.

ENERCON ENERGY FOR THE WORLD

WRD Group Engineering Foundation

Erstellt von / Created by:	E. Pallundo	28.04.2025	No guarantee can be given in respect to this translation
Freigegeben / Approved:	R. Tallun	05.05.2025	

Maßstab / scale: 1:25 / 1:50

Bewehrungsplan oben
reinforcement plan top
Tiefgründung
deep foundation

D03123735-1

Sprache / language: DE/EN
Bl. / sh.: 1

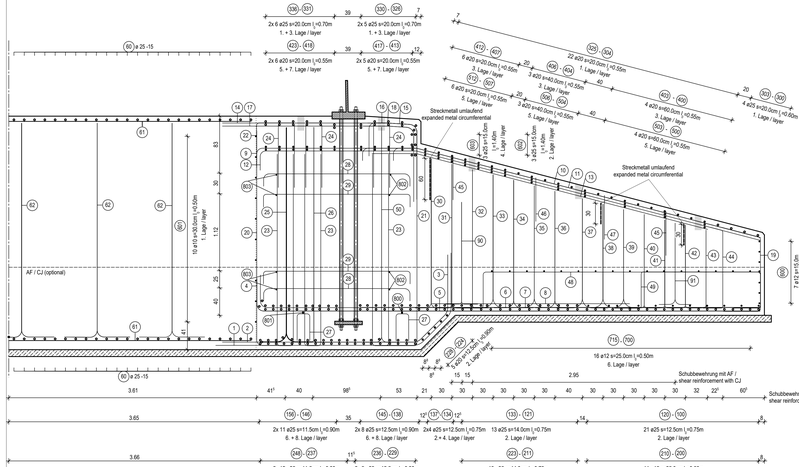
Rev.	Änderung / Change	Datum / date	Erstellt / Created	Geprüft / Checked
1	TÜV remarks implemented	17.09.2025	E. Pallundo	R. Tallun

TDW-ACP

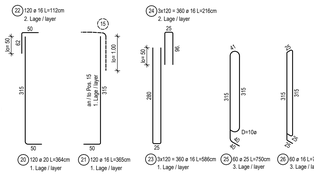
HdB = 841 / 1300 (1.09m²)

Allplan 2020

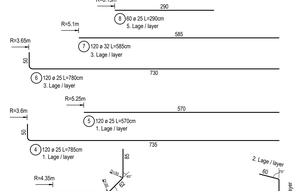
Schnitt
section
1:25



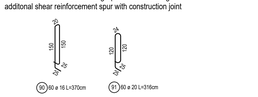
Schubbewehrung Sockel
shear reinforcement base



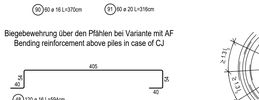
Radialbewehrung unten
bottom radial reinforcement



Zusätzliche Schubbewehrung Sporn mit Arbeitsfuge
additional shear reinforcement spur with construction joint



Biegebewehrung über den Pfählen bei Variante mit AF
Bending reinforcement above piles in case of CJ



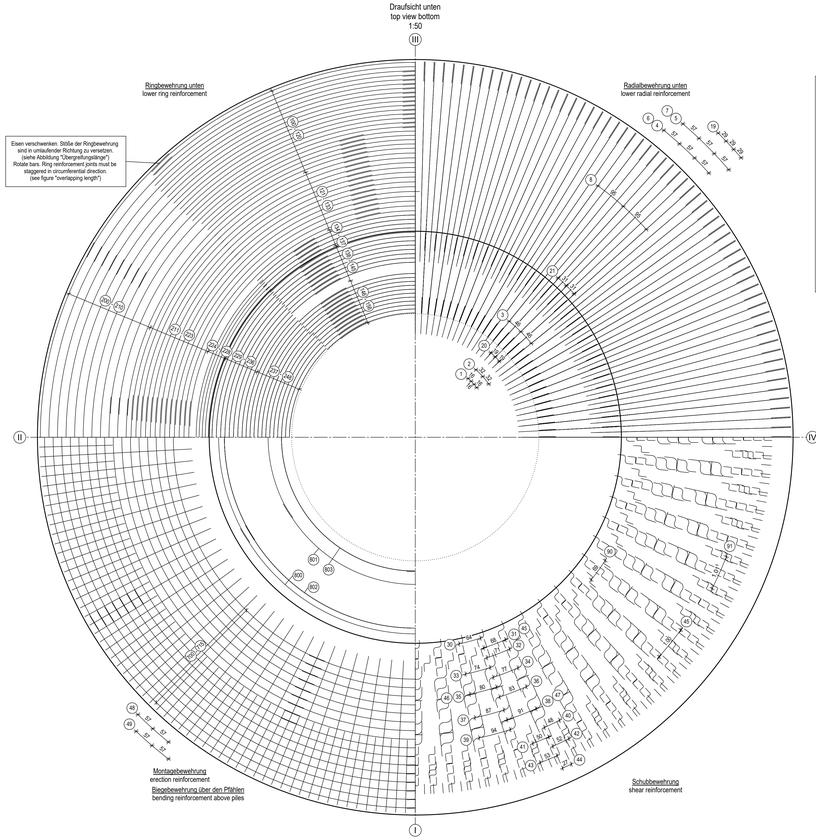
Einzellänge /
individual length



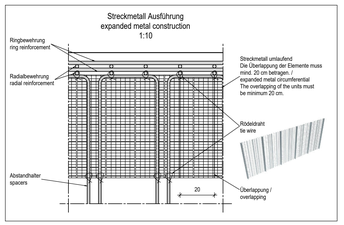
Im Falle mehrlagiger Bewehrung sind die Stöße sowohl nebeneinander als auch übereinander um ≥ 1.3 ü zu versetzen. /
In case of multi-layer reinforcement, joints have to be staggered by ≥ 1.3 ü, both next to each other and on top of each other.

Im Spornbereich darf maximal jeder 3. Übergreifungsstoß in der gleichen radialen Stoßebene angeordnet werden. /
In the spur area, not more thanevery 3rd overlapping must be placed in the same radial lapped section.

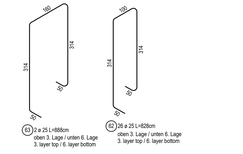
Draufsicht unten
top view bottom
1:50



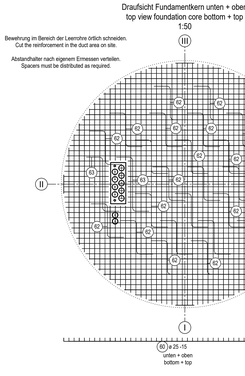
Streckmetall Ausführung
expanded metal construction
1:10



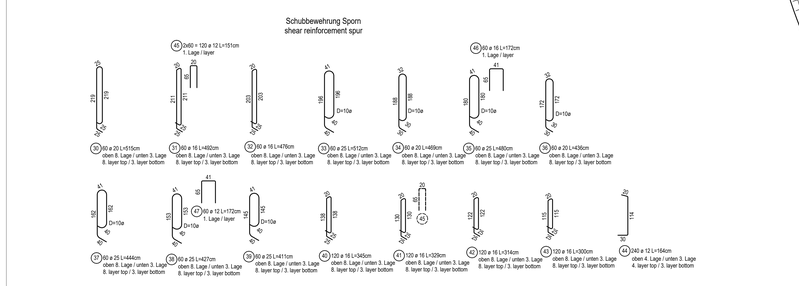
Abstandshalter
spacer



Draufsicht Fundamentkern unten + oben
top view foundation core bottom + top
1:50



Schubbewehrung Sporn
shear reinforcement spur



Stabliste / Steel List

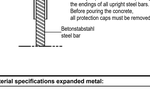
Pos. pos	Stck pcs	ø [mm]	Länge length [m]	Länge (ges.) length (all) [m]	Masse weight [kg]
245	8	25	7.22	57.76	222.38
246	8	25	7.04	56.32	216.83
247	8	25	6.86	54.88	211.29
248	8	25	6.67	53.36	205.44
300	7	25	10.40	72.80	280.28
301	7	25	11.83	70.98	273.27
302	6	25	11.63	69.78	268.65
303	6	25	11.43	68.58	264.03
304	6	20	11.17	67.02	165.54
305	6	20	10.97	65.82	162.58
306	6	20	10.76	64.56	159.46
307	6	20	10.56	63.36	156.50
308	6	20	10.36	62.16	153.54
309	6	20	10.16	60.96	150.57
310	5	20	11.83	59.15	146.10
311	5	20	11.63	57.95	143.14
312	5	20	11.35	56.75	140.17
313	5	20	11.10	55.50	137.09
314	5	20	10.86	54.30	134.12
315	5	20	10.62	53.10	131.16
316	5	20	10.37	51.85	128.07
317	5	20	10.13	50.65	125.11
318	5	20	9.89	49.45	122.14
319	5	20	9.64	48.20	119.05
320	5	20	9.40	47.00	116.09
321	5	20	9.16	45.80	113.13
322	4	20	11.01	44.04	108.78
323	4	20	10.70	42.80	105.72
324	4	20	10.40	41.60	102.75
325	4	20	10.09	40.36	99.69
326	4	20	10.03	80.24	396.92
327	4	25	9.72	77.76	299.38
328	8	25	9.40	75.20	289.52
329	8	25	9.09	72.72	279.97
330	8	25	8.78	70.24	270.42
331	8	25	8.17	65.36	251.64
332	8	25	7.85	62.80	241.78
333	8	25	7.54	60.32	232.23
334	8	25	7.22	57.76	222.38
335	8	25	6.91	55.28	212.83
336	6	25	8.56	51.36	197.74
400	6	25	11.17	67.02	165.54
401	6	20	10.56	63.36	156.50
402	6	20	11.84	59.20	146.22
403	5	20	11.11	55.55	137.21
404	5	20	10.62	53.10	131.16
405	5	20	10.13	50.65	125.11
406	5	20	9.64	48.20	119.05
407	5	20	9.40	47.00	116.09
408	5	20	9.15	45.75	113.00
409	4	20	11.00	44.00	108.68
410	4	20	10.70	42.80	105.72
411	4	20	10.39	41.56	102.65
412	4	20	10.09	40.36	99.69
413	4	20	9.88	79.04	195.23
414	8	25	9.57	76.56	189.10
415	8	25	9.25	74.00	182.78
416	8	25	8.94	71.52	176.65
417	8	25	8.62	68.96	170.33
418	8	25	8.02	64.16	158.48
419	8	25	7.70	61.60	152.15
420	8	25	7.39	59.12	146.03
421	8	25	7.07	56.56	139.70
422	8	25	6.76	54.08	133.58
423	8	25	8.41	50.46	124.64
500	6	20	11.17	67.02	165.54
501	6	20	10.56	63.36	156.50
502	6	20	11.83	59.15	146.10
503	5	20	11.11	55.55	137.21
504	5	20	10.62	53.10	131.16
505	5	20	10.13	50.65	125.11
506	5	20	9.64	48.20	119.05
507	5	20	9.40	47.00	116.09
508	5	20	9.15	45.75	113.00
509	5	20	11.00	44.00	108.68
510	4	20	10.70	42.80	105.72
511	4	20	10.39	41.56	102.65
512	4	20	10.09	40.36	99.69
600	42	12	11.95	501.90	445.69
601	30	10	8.04	241.20	148.82
602	15	12	11.95	179.25	159.20
603	15	25	8.79	131.85	507.62
700	6	12	11.81	70.86	62.93
701	6	12	11.55	69.30	61.54
702	6	12	11.28	67.68	60.10
703	6	12	11.02	66.12	58.71
704	6	12	10.76	64.56	57.33
705	6	12	10.50	63.00	55.94
706	6	12	10.24	61.44	54.56
707	5	12	11.87	59.35	52.70
708	5	12	11.61	57.80	51.33
709	5	12	11.24	56.20	49.91
710	5	12	10.93	54.65	48.53
711	5	12	10.61	53.05	47.11
712	5	12	10.30	51.50	45.73
713	5	12	9.99	49.95	44.36
714	5	12	9.67	48.35	42.93
715	5	12	9.36	46.80	41.56
800	4	20	9.51	38.04	93.92
801	4	20	7.25	29.00	71.63
802	16	10	9.24	147.84	91.22
803	12	10	8.67	104.04	64.19

Gesamtmasse / total weight [kg]: 97929.27

Stabliste / Steel List

Pos. pos	Stck pcs	ø [mm]	Länge length [m]	Länge (ges.) length (all) [m]	Masse weight [kg]
1	120	25	4.54	544.80	2097.48
2	60	20	4.33	259.80	641.71
3	60	20	3.09	185.40	457.94
4	120	25	7.85	942.00	3626.70
5	120	25	5.70	684.00	2633.40
6	120	25	7.80	936.00	3603.60
7	120	32	5.85	702.00	4431.73
8	120	20	2.90	174.00	669.90
9	240	20	7.82	938.40	2317.85
10	96	20	6.18	593.28	1465.40
11	24	25	5.73	137.52	339.67
12	120	20	7.77	932.40	2303.03
13	60	16	5.05	303.00	478.74
14	120	20	3.17	380.40	939.59
15	120	20	1.84	220.80	545.38
16	96	20	2.32	222.72	550.12
17	60	20	1.52	76.00	120.08
18	60	20	1.84	110.40	272.69
19	240	16	2.25	540.00	853.20
20	120	20	3.64	436.80	1078.90
21	120	16	3.65	438.00	692.04
22	120	16	1.12	134.40	212.35
23	360	16	5.86	2109.60	3333.17
24	120	16	2.16	777.60	1229.01
25	120	20	7.50	450.00	1732.50
26	60	16	7.04	422.40	667.39
27	50	16	1.52	76.00	120.08
28	240	20	2.55	612.00	1511.64
29	240	20	2.55	612.00	966.96
30	60	20	5.15	309.00	763.23
31	60	16	4.92	295.20	466.42
32	60	16	4.76	285.60	451.25
33	60	25	5.12	307.20	1182.72
34	60	20	4.69	281.40	695.06
35	60	25	4.80	288.00	1108.80
36	60	20	4.36	261.60	646.15
37	60	25	4.44	266.40	1025.64
38	60	25	4.27	256.20	986.37
39	60	25	4.11	246.60	949.41
40	120	16	3.45	414.00	654.12
41	120	16	3.29	394.80	623.78
42	120	16	3.71	445.20	595.34
43	120	16	3.00	360.00	568.80
44	240	12	1.64	393.60	349.52
45	120	12	1.51	181.20	160.91
46	60	16	1.72	103.20	163.06
47	60	12	1.72	103.20	91.64
48	120	16	5.94	1126.22	
49	120	12	3.63	435.60	386.81
50	60	20	7.06	423.60	1045.69
51	60	25	-X-	514.68	1981.52
61	114	25	-X-	515.38	1984.21
62	26	25	8.28	215.28	828.83
63	2	25	8.88	17.76	68.38
90	60	16	3.70	222.00	350.76
91	60	20	3.16	189.60	468.31
100	7	25	10.56	73.92	284.59
101	7	25	10.45	73.15	281.63
102	6	25	11.93	71.58	275.58
103	6	25	11.80	70.80	272.58
104	6	25	11.67	70.02	269.58
105	6	25	11.54	69.24	266.57
106	6	25	11.41	68.46	263.57
107	6	25	11.28	67.68	260.57
108	6	25	11.15	66.90	257.57
109	6	25	11.02	66.12	254.56
110	6	25	10.89	65.34	251.56
111	6	25	10.76	64.56	248.56
112	6	25	10.63	63.78	245.55
113	6	25	10.49	62.94	242.32
114	6	25	10.36	62.16	239.32
115	6	25	10.23	61.38	236.31
116	6	25	10.10	60.60	233.31
117	5	25	11.81	59.05	227.34
118	5	25	11.66	58.30	224.46
119	5	25	11.50	57.50	221.38
120	5	25	11.34	56.70	218.30
121	5	25	11.17	55.85	215.02
122	5	25	10.99	54.95	211.56
123	5	25	10.82	54.10	208.29
124	5	25	10.64	53.20	204.82
125	5	25	10.46	52.30	201.36
126	5	25	10.29	51.45	198.08
127	5	25	10.11	50.55	194.62
128	5	25	9.94	49.70	191.35
129	5	25	9.77	48.85	188.08
130	5	25	9.58	47.90	184.42
131	5	25	9.41	47.05	181.14
132	5	25	9.23	46.15	177.68
133	5	25	9.06	45.30	174.41
134	5	25	8.89	44.45	171.14
135	5	25	10.74	85.92	330.79
136	8	25	10.54	84.32	324.63
137	8	25	10.35	82.80	318.79
138	8	25	10.30	82.40	317.24
139	8	25	10.10	80.80	311.08
140	8	25	9.91	79.28	305.23
141	8	25	9.71	77.68	299.07
142	8	25	9.52	76.16	293.22
143	8	25	9.32	74.56	287.06
144	8	25	9.12	72.96	280.90
145	8	25	8.93	71.44	275.04
146	8	25	8.41	67.28	259.03
147	8	25	8.23	65.84	253.48
148	8	25	8.05	64.40	247.94
149	8	25	7.87	62.96	242.40
150	8	25	7.69	61.52	236.85
151	8	25	7.51	60.08	231.31
152	8	25	7.33	58.64	225.76
153	8	25	7.15	57.20	220.22
154	8	25	6.97	55.76	214.68
155	8	25	6.79	54.32	209.13
156	8	25	6.61	52.88	203.59
200	6	16	11.94	71.64	113.19
201	6	16	11.68	70.08	110.73
202	6	16	11.42	68.52	108.26
203	6	16	11.15	66.90	105.70
204	6	16	10.89	65.34	103.24
205	6	16	10.63	63.78	100.77
206	6	16	10.37	62.22	98.31
207	6	16	10.11	60.66	95.84
208	5	16	11.72	58.60	92.59
209	5	16	11.42	57.10	90.06
210	5	16	11.09	55.45	87.61
211	5	16	11.16	55.80	214.63
212	5	25	10.99	54.95	211.56
213	5	25	10.81	54.05	208.09
214	5	25	10.64	53.20	204.82
215	5	25	10.46	52.30	201.36
216	5	25	10.28	51.40	197.89
217	5	25	10.11	50.55	194.62
218	5	25	9.93	49.65	191.15
219	5	25	9.76	48.80	187.88
220	5	25	9.58	47.90	184.42
221	5	25	9.41	47.05	180.95
222	5	25	9.23	46.15	177.68
223	5	25	9.05	45.25	174.21
224	4	20	10.94	43.76	108.09
225	4	20	10.80	43.20	106.70
226	4	20	10.66	42.64	105.32
227	4	20	10.52	42.08	103.94
228	4	20	10.38	41.52	102.55
229	4	20	10.22	40.88	101.00
230	4	20	10.02	80.16	308.62
231	8	25	9.82	78.56	302.46
232	8	25	9.63	77.04	296.60
233	8	25	9.43	75.44	290.44
234	8	25	9.23	73.84	284.28
235	8	25	9.04	72.32	278.43
236	8	25	8.84	70.72	272.27
237	8	25	8.66	69.28	266.73
238	8	25	8.48	67.84	261.18
239	8	25	8.30	66.40	255.64
240	8	25	8.12	64.96	250.10
241	8	25	7.94	63.52	244.55
242	8	25	7.76	62.08	239.01
243	8	25	7.58	60.64	233.46
244	8	25	7.40	59.20	227.92

Detail
Schutzkappe / safety cap



Materialanforderung Streckmetall / material specifications expanded metal:

Rippenstreckmetall 035 / ribbed expanded metal 035 oder gleichwertiges Material / or equivalent material:	
Leistungserklärung; Produktvorlage / declaration of performance; product example:	Catnic GmbH: 035 P935
Materialstärke / material thickness:	0.25 - 0.30 mm
Werkstoff / material:	verzinktes Stahlblech / galvanized steel sheet
Oster Streckmetall / or expanded metal oder gleichwertiges Material / or equivalent material:	
Leistungserklärung; Produktvorlage / declaration of performance; product example:	recostal Streckmetallwerk / recostal expanded metal board
Materialstärke / material thickness:	0.70 - 1.50 mm
Werkstoff / material:	Feinmaschiges gewebtes Streckmetall / Fine-mesh rolled expanded metal

Der Fundamentkörper ist zwischen den Streckmetallreihen in Abschnitten mit maximal 20 cm Höhe gleichmäßig zu betonieren. Nur so ist gewährleistet, dass keine vertikale Fuge durch das Streckmetall entsteht. The foundation body is to be concreted evenly between the ribbed expanded metal rows in sections with a maximum height of 20 cm. This is the only way to ensure that no vertical joint is created by the ribbed expanded metal.

Mindestwerte der Biegerollendurchmesser D_{min} gemäß: / Minimum diameter of bending block D_{min} according to: DIN EN 1992-1-1/NA Tabelle NA.8.1a)



Bauteil: Building Element:	Kreisfundament circular foundation	Betonrmenge: Concrete Quantity:	866 m³
Betonfestigkeitsklasse: Concrete Grade:	C 35/45	Expositionsklassen: Exposure Classes:	XA 1, XC 4, XF 1
Feuchtigkeitsklasse: Humidity Class:	WF	Überwachungsklasse: Monitoring Class:	ÜK 2
Bauteil: Building Element:	Sauberkeitsschicht blinding course	Betonrmenge: Concrete Quantity:	39,5 m³
Betonfestigkeitsklasse: Concrete Grade:	C 12/15	Expositionsklassen: Exposure Classes:	X 0
Feuchtigkeitsklasse: Humidity Class:	WF	Überwachungsklasse: Monitoring Class:	ÜK 0

Besondere Anforderungen / Special Requirements:

Erforderliche Oberflächenruhigkeit der Arbeitsfuge 1 / 2: Betoneirabschnitt Required surface roughness of construction joint 1st/ 2nd concreted section	glatt smooth
Festigkeitsklasse des 1. Betonierabschnittes vor Betonage des 2. Abschnittes Minimum strength class of the 1st concreted section before concreting the 2nd section	C 20/25
Größtkorn in Bereich der unteren und oberen Bewehrungslage Nominal value of maximum aggregates grain size at the bottom and top reinforcement layer	16 mm
Größkorn im mittleren Fundamentbereich Nominal value of maximum aggregates grain size at the middle of the foundation	32 mm
Zement mit niedriger Hydrationswärmeentwicklung Cement with low hydration heat	r ≤ 0.3
Konsistenzklasse im übrigen Fundament / consistency class in the rest of the foundation	F3 / S3
Konsistenzklasse im Bereich der Sohlverteilung und des unteren Ankerrings / consistency class in the bottom pit and the lower anchor ring	F4 / S4
Maßgebender Zwang aus Abfließen der Hydratationswärme (früher Zwang), maximum value in der Statischen Berechnung: Decisive constraint due to heat of hydration (early constraint), Assumption in the structural calculation:	fct,eff=0,7*fctm
Bei Einstufung des Bauteils in die Expositionsklassen XS 1, XA 2 oder XA 3 sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich, sowie die DAfStb-Richtlinie "Massige Bauteile" aus Beton zu beachten. When categorising the building element in the exposure classes XS1,XA2 or XA3 additional measures are required.The DAfStb guideline for massive elements is also to be adhered to.	$\Delta T_{c,max}$ = 15 mm

Betondeckung / Concrete Cover:

Vorliegemaß. / Bewehrungslage Positioning Measurement 1st Reinforcement layer	C nom	unten / Bottom	50 mm
		oben Sockel / Top Plinth	50 mm
		oben Sporn / Top Foot	50 mm
		seitlich / Side	50 mm
Vorhaltemaß / Tolerance:		ΔC_{dev} =	15 mm

Die DBV-Merkblätter "Betondeckung und Bewehrung" und "Abstandhalter" sind zu berücksichtigen. The DBV-guideline "Betondeckung und Bewehrung" and "Abstandhalter" to be considered.

Zugehörige Zeichnungen / Relating Drawings:

Schalplan Nr. Formwork Plan No.	D03123732; D03123733
Bewehrungszeichnung Nr. Reinforcement Plan No.	B500: D03123734, D03123735
Leerrohr- / Blitzschutzplan Nr. duct and lightning plan No.	D03122249
Spezifikation: Specifications:	D0181818 - Materialspezifikation Betonstahl Reinforcing Steel Material Specification

Die gesonderten Fundament-Spezifikationen von ENERCON sind zu beachten. The ENERCON foundation specifications must be considered.

Prüfstempel / Certification Stamp

Reviewed
see Report No.: 4144246-10-de-7 Rev. 0
dated: 2025-10-21
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Wind Energy Systems

In bautechnischer Hinsicht geprüft.
siehe Prüfbericht Nr.: 4144246-10-de7 Rev. 0
vom: 21.10.2025
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Prüfamt für Standsicherheit von Windenergieanlagen

E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01 & E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01

Fundamentvariante / foundation option: DIBt; IEC: 8500	ø22.00m

© Copyright ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten. Diese Zeichnung ist Eigentum der Fa. ENERCON Global GmbH. Sie ist urheberrechtlich geschützt und darf weder an Betriebsgeheimnis im Sinne des §§ 17 StGB noch an Dritte ohne unsere vorherige schriftliche Zustimmung weitergegeben werden. / © Copyright ENERCON Global GmbH, 2025. All rights reserved.

ENERCON ENERGY FOR THE WORLD
WRD Group Engineering Foundation

Erstellt von / Created by:	E. Pallundt	29.04.2025	No guarantee can be derived from the dimensions.
Freigegeben / Approved:	M. Tuttun	05.05.2025	Is the translation

A	TÜV remarks implemented	17.09.2025	E. Pallundt	M. Tuttun
Rev.	Änderung / Change	Datum / date	Erstellt / Created	Geprüft / Checked

Scale: 1:25 / 1:50

Bewehrungsplan unten
reinforcement plan bottom

Tiefgründung
deep foundation

Name: D03123734-1

Blatt / Sheet: 1

Format: DIN A1

Bearb. / Drawn: DEEN

H/B = 841 / 1500 (1.26m²)

Atlplan 2025

WINDENERGIE SYSTEME

Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.

Gutachtliche Stellungnahme

Datum: 2025-07-29

Bericht Nr.: **4144246-3-d-1 Rev. 0**

Objekt: **Evaluierung der Konstruktion - Lastannahmen**
Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E1
Rotorblatt E175 EP5-RB-01
Nabenhöhe 162 m über Geländeoberkante
(Turm E175 EP5-HST-162-FB-C-01)

WEA-Klasse S und Windzone S

hier: Turm- und Fundamentlasten

Grundlage der Evaluierung: IECRE OD-501:2022,
DIN EN 61400-22:2011 und DIBt 2012

Auftraggeber:
ENERCON Global GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

Unsere Zeichen:
IS-ESW-MUC

Dokument:
4144246-3-d-1_Rev0_Enercon_E-175_EP5_E1_162mHH_HST162_LA_IECS_DIBtWZS.docx

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.

Revision	Datum	Änderungen
0	2025-07-29	Erstfassung

Inhaltsverzeichnis

1 Unterlagen 3
1.1 Evaluierte Unterlagen 3
1.2 Eingesehene Unterlagen 3
2 Grundlagen der Evaluierung 5
2.1 Angewendete Standards 5
2.2 Zusätzliche Standards 5
3 Beschreibung 6
3.1 Turbineneigenschaften 6
3.2 Umgebungsbedingungen 7
3.3 Evaluierte Varianten 7
3.4 Eigenfrequenzen 7
4 Umfang der Evaluierung 8
5 Bemerkungen 8
5.1 Extremlasten 8
5.2 Betriebsfestigkeitslasten 9
5.3 Lastvergleich 9
6 Gutachtliche Stellungnahme 10
Auflagen 10
Anhang: Berücksichtigte Wartungszustände 11
Anhang: Berücksichtigte Zustände Einzelblattinstallation 12

1 Unterlagen

1.1 Evaluierte Unterlagen

Folgende Dokumente wurden zur Evaluierung vorgelegt:

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[1]	Datenträgerdatei: „D03104844_0.1_de-en_Calculation_E-175_EP5_E1-HST-162-FB-C-01; LL06 WCS_TCA_7.25_2.0; fatigue and ultimate loads; tower.xlsx“, MD5 Prüfsumme: b04f2db9176160f6a5c7bf720c7a5cc6 (enthalten in „D03126533_0.0_LSET; LL06; E-175 EP5-HST-162-FB-C-01.zip“, MD5 Prüfsumme: f29314d180e7b2db0bd115f64022b44b)	ENERCON	D03104844 Rev. 0.1	N/A
[2]	Datenträgerdatei “E-175_EP5_HST-162-FB-C-01; Load comparison LL06 E1 with LL04 E2 loads.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 10650d0c56b2b1df4bb7b6bafb804863 (enthalten in „D03126661_0.0_de-en_Calculation_E-175_EP5_HST-162-FB-C-01; Load comparison LL06 E1 with LL04 E2 loads.zip“, MD5 Prüfsumme: bc1a5ef168ccdf1ae63810c9857314a1)	ENERCON	N/A	N/A

1.2 Eingesehene Unterlagen

Folgende Dokumente wurden im Rahmen der Evaluierung zusätzlich herangezogen:

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[3]	Design Base E-175 EP5 / E-175 EP5 E2	ENERCON	D02833990 Rev. 0.5	2024-10-17
[4]	Evaluation Report Design Basis Evaluation Wind Turbine ENERCON E-175 EP5 Hub Heights 112 m, 132 m, 140 m, 162 m, 175 m Rotor Blade Type E-175 EP5-RB-01 for WT-class S	TÜV SÜD	3743008-1-e-0 Rev. 3	2025-06-04
[5]	Technische Beschreibung ENERCON Windenergieanlage E-175 EP5	ENERCON	D02765171 Rev. 3.0	2023-06-20
[6]	Loads Report E-175 EP5 Fatigue- and ultimate loads as per IEC 61400-1 Ed. 4: 2019 and DIBt 2015	ENERCON	D02785544 Rev. 8.2	2025-07-28
[7]	Load simulation process	ENERCON	D02785543 Rev. 0.1	2023-02-21
[8]	Reglerbeschreibung E-175 EP5	ENERCON	D02784270 Rev. 4.3	2025-03-14
[9]	Sturmregelung ENERCON Windenergieanlagen	ENERCON	D0178786 Rev. 14.0-de	2022-10-18
[10]	Technische Beschreibung Anhalteprozeduren E-175 EP5 E1, E-175 EP5 E2	ENERCON	D02872531 Rev. 5.3-de	2025-06-12
[11]	Anforderungsspezifikation RS0000011-SafetyRS EP-SCS-03	ENERCON	D02254818 Rev.8.1	2024-10-02

[12]	Technical Specification EP-SCS-03 Concept SF217 Pitch Rate Diagnosis Forecast	ENERCON	D03145056 Rev. 2.1-en	2025-06-03
[13]	Application and interpretation of the distributed turbulences method	ENERCON	D02385954 Rev. 0.4	2021-06-22
[14]	Technische Beschreibung ENERCON Eisansatzerkennung ENERCON Platform Independent Control System (PI-CS)	ENERCON	D02531399 Rev. 1.0-de	2022-10-05
[15]	Datei „D02785091_3.0_de-en_Technical report_Load case description for E-175 EP5.zip” MD5 Prüfsumme: 45bae8dede35795610fe47810e62c6b9	ENERCON	D02785091 Rev. 3.0	N/A
[16]	Datei: “D03126656_0.0_de-en_Technical description_Loadcase definitions_Maintenance_and_Service.zip” MD5 Prüfsumme: d64250085405eb5f2afb91e64fabf051	ENERCON	D03126656 Rev. 0.0	N/A
[17]	Datei: “D03108295_0.0_de-en_Technical description_E175 EP5 E1_E2; Loadcase definition; Single blade Assembly.zip” MD5 Prüfsumme: 8E8D06668DF2F5CDFBA56FDB0EA9CE0D	ENERCON	D03108295 Rev. 0.0	N/A
[18]	E-175 EP5 Single Blade Mounting	ENERCON	D03062352 Rev.2.0	2025-01-20
[19]	Simulationsmodell Datei „D03125964-0.0_SSET; LL06; E-175 EP5-HST-162-FB-C-01\07_Zeitreihen\1.2c\1.2c_s20103\ powprod.$PJ ” MD5 Prüfsumme: a48e3cfd5e303b4fda6199e062ef837f	ENERCON	N/A	N/A
[20]	Regelungsdatei “Regler.dll” MD5 Prüfsumme: b5d206760890984d319566e5d946415c	ENERCON	N/A	N/A
[21]	Regelungsparameter “ EP5_E175__E-175_EP5_HST_162_FB_C_01__0.6.46.0__ConceptStudy.Daten” MD5 Prüfsumme: 1063b504a4cc2cc26c30d24f7a382c6d	ENERCON	N/A	N/A

2 Grundlagen der Evaluierung

2.1 Angewendete Standards

Die Evaluierung der Unterlagen erfolgte gemäß folgender Normen und Richtlinien:

Ref.	Nummer	Titel
/1/	IECRE OD-501:2022	Type and Component Certification Scheme
/2/	IECRE OD-501-4:2017	Conformity Assessment and Certification of Loads by RECB's
/3/	DIN EN 61400-22:2011	Windenergieanlagen - Teil 22: Konformitätsprüfung und Zertifizierung
/4/	DIN EN IEC 61400-1:2019	Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen
/5/	DIBt 2012	Richtlinie für Windenergieanlagen, korrigierte Version 2015

2.2 Zusätzliche Standards

Zur Evaluierung wurden zusätzlich folgende Normen und Richtlinien herangezogen:

Ref.	Nummer	Titel
/6/		Bestätigungsschreiben vom DKE/AK 383.0.1 zur Verwendung in der DIBt Richtlinie 2015 mit DIN EN IEC 61400-1:2019

3 Beschreibung

In den vorgelegten Lastannahmen [1] wurden die Betriebsfestigkeits- und Extremlasten der Windenergieanlagen ENERCON E-175 EP5 E1 mit 162 m Nabenhöhe über Geländeoberkante gemäß der Grundlagen der Evaluierung für Umgebungsbedingungen gemäß Kapitel 3.2 berechnet.

Die Simulationen wurden sowohl mit starrer als auch mit weicher Einspannung durchgeführt.

3.1 Turbineneigenschaften

Rotorblatttyp	E175 EP5-RB-01
Rotordurchmesser	175 m
Blattmasse je Blatt	27265 kg
1. statisches Moment je Blatt (bezogen auf Blattwurzel)	680890 kgm
Massenunwucht des Rotors (bezogen auf Nabenmitte)	1000 kgm
Nennleistung	6200 kW
Rotordrehzahlbereich	3,05 - 10,94 rpm
Rotornenndrehzahl	8,75 rpm
Triebstrangtyp	Direktgetrieben
Nabenhöhe über Geländeoberkante	162 m
Turmtyp	Hybridstahlturm E175 EP5-HST-162-FB-C-01
Konuswinkel	-5,0°
Rotorachsneigung	6,0°
Nennwindgeschwindigkeit, V_r (1 Sekunden Mittelwert)	11,0 m/s
Einschaltwindgeschwindigkeit, V_{in} (10 Minuten Mittelwert)	2,5 m/s
Abschaltwindgeschwindigkeit, V_{out} (10 Minuten Mittelwert)	25 m/s

Tabelle 1: Turbineneigenschaften

3.2 Umgebungsbedingungen

	IEC / DIBt
Extremer 50 Jahres Wind V_{ref} (10 min Mittelwert)	42,5 m/s
Extremer Jahres Wind V_1 (10 min Mittelwert)	34,0 m/s
Turbulenzintensität bei Extremwind	11,0%
Höhenexponent bei Extremwind	0,121
Turbulenzkategorie	A
Höhenexponent im Betrieb	0,2
Weibull Form Faktor	2,0
Jährliche mittlere Windgeschwindigkeit	7,25 m/s
Anströmung von unten	8°
Luftdichte	1,225 kg/m³
Lebensdauer	25 Jahre

Tabelle 2: Umgebungsbedingungen

3.3 Evaluierte Varianten

Nennleistung [kW]	NTM Turbulenzkategorie	Lebensdauer [Jahre]	ETM Turbulenzkategorie
6200	A	25	A

Tabelle 3: evaluierte Varianten

3.4 Eigenfrequenzen

Turm – elastische Einspannung (1,6E+11 Nm/rad)	Frequenz	Limits (± 5 %)
1. Biegefrequenz (in Rotorachsrichtung)	0.173 Hz	0.164 Hz bis 0.181 Hz
2. Biegefrequenz (in Rotorachsrichtung)	0.872 Hz	0.828 Hz bis 0.915 Hz
1. Biegefrequenz (quer zur Rotorachsrichtung)	0.171 Hz	0.162 Hz bis 0.179 Hz
2. Biegefrequenz (quer zur Rotorachsrichtung)	0.788 Hz	0.749 Hz bis 0.828 Hz
Turm – starre Einspannung		
1. Biegefrequenz (in Rotorachsrichtung)	0.181 Hz	0.172 Hz bis 0.190 Hz
2. Biegefrequenz (in Rotorachsrichtung)	0.946 Hz	0.899 Hz bis 0.994 Hz
1. Biegefrequenz (quer zur Rotorachsrichtung)	0.179 Hz	0.170 Hz bis 0.188 Hz
2. Biegefrequenz (quer zur Rotorachsrichtung)	0.843 Hz	0.801 Hz bis 0.885 Hz

Blatt		
1. Biegefrequenz in Schlagrichtung	0.456 Hz	0.433 Hz bis 0.479 Hz
2. Biegefrequenz in Schlagrichtung	1.122 Hz	1.066 Hz bis 1.178 Hz
1. Biegefrequenz in Schwenkrichtung	0.699 Hz	0.664 Hz bis 0.734 Hz
2. Biegefrequenz in Schwenkrichtung	1.972 Hz	1.873 Hz bis 2.070 Hz

Tabelle 4: Eigenfrequenzen von Turm und Blatt

4 Umfang der Evaluierung

Die vorgelegten Lastannahmen [1] und der Lastvergleich [2] wurden auf Vollständigkeit und Richtigkeit gemäß den Anforderungen der Grundlagen der Evaluierung in Kapitel 2 evaluiert.

Die Eingangsgrößen des Simulationsmodells (enthalten in Dokument [19]) wurden auf Plausibilität evaluiert.

Belastungen aus Transport und Errichtung wurden nicht untersucht, abgesehen von den in den Anhängen angegebenen Zuständen.

5 Bemerkungen

Die vom Hersteller angegebenen Eingangsgrößen für das Simulationsmodell wurden als richtig vorausgesetzt (enthalten in Dokument [19]).

Lastrelevante Modifizierungen am Anlagendesign, inklusive des Steuerungs- und Sicherheitssystems, können nachträgliche Berechnungen erfordern.

Potentielle Lasterhöhungen aufgrund von Resonanzeffekten wurden im Rahmen der aeroelastischen Lastsimulation berücksichtigt.

5.1 Extremlasten

Die Extremlasten für den Turm und das Fundament können Dokument [1] entnommen werden.

Die Teilsicherheitsbeiwerte γ_F für die aerodynamischen Funktions-, Massen- und Trägheitskräfte sind in den Ergebnissen für alle berechneten Lasten enthalten. Die Werte entsprechen den Anforderungen der Grundlagen der Evaluierung und sind zusammen mit den Extremlastfällen angegeben.

Bei transienten Lastfällen mit variablem initialen Azimutwinkel wurden die charakteristischen Lastgrößen als Mittelwert der Maximalwerte aller berücksichtigen initialen Azimutpositionen berechnet.

In der Simulation wurden die Wartungszustände gemäß der Anhänge angesetzt.

Für den DLC 8.1 wurde ein Last-Teilsicherheitsbeiwert von γ_F = 1,35 angenommen.

5.2 Betriebsfestigkeitslasten

Die Betriebsfestigkeitslasten wurden unter Verwendung von verteilten Turbulenzintensitäten gemäß /4/ berechnet. Details können Dokument [13] entnommen werden.

Die Betriebsfestigkeitslasten für den Turm und das Fundament können Dokument [1] entnommen werden.

Eislasten auf den Rotorblättern wurden während der Produktion nicht berücksichtigt, da diese Bedingungen vom Steuerungssystem erkannt werden und die Windkraftanlage in den Trudelbetrieb schaltet (siehe Dokument [14]).

5.3 Lastvergleich

Im Lastvergleich [2] wurden die Extremlasten und Betriebsfestigkeitslasten für den Turm für die Anlagenvarianten E175 EP5 E1 und E175 EP5 E2 verglichen.

6 Gutachtliche Stellungnahme

Die zur Evaluierung der Konstruktion der Lastannahmen, vorgelegten Dokumente für die Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E1, entsprechen den Anforderungen der in Kapitel 2.1 angegebenen Zertifizierungsschemas und Standards sowie der Konstruktionsbasis [3], sofern die nachstehenden Bedingungen erfüllt sind.

Die Prüfunterlagen, aufgelistet in Kapitel 1.1 , können den Festigkeitsnachweisen von Turm und Fundament an Standorten mit Umgebungsbedingungen gemäß Kapitel 3.2 zugrunde gelegt werden.

Auflagen

1. Wartungsarbeiten sind nur bis zu Windgeschwindigkeiten, wie in Anhang angegeben, zulässig.
2. Die 1. Biegeeigenfrequenzen des Turms / der Rotorblätter dürfen nicht mehr als ±5% von den in Kapitel 3.4 angegebenen Werten abweichen.
3. Während der Wartungslastfälle für „Kamera- und Drohneninspektion“ gemäß Tabelle 5 dürfen sich Personen nur im Turmfuß aufhalten. Keine Person darf über den Turmfuß hinaus aufsteigen.

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Abteilung Windenergieanlagen

Bewertung

A. Dürbaum

Evaluierung

Dr.-Ing. P. Prokopczuk

Anhang: Berücksichtigte Wartungszustände

Beschreibung	Zulässige Windgeschwindigkeit	Rotorlock (ja/nein)	Windrichtung	Rotor Azimut-winkel	Pitchwinkel Blatt 1	Pitchwinkel Blatt 2	Pitchwinkel Blatt 3
Pitch und Yaw Fehler	13 m/s[1]	nein	102° - 118°	0° - 360°	0° - 90°	80°	120°
Pitch und Yaw Fehler	13 m/s[1]	nein	102° - 118°	0° - 360°	45°	0° - 90°	120°
Pitch und Yaw Fehler	13 m/s[1]	nein	102° - 118°	0° - 360°	45°	80°	0° - 90°
Blatt 2 in beliebiger Position mit abgeschaltetem Yaw-System	13 m/s[1]	ja	0° - 360°	0° - 360°	90°	0° - 90°	90°
Leerlauf mit abgeschaltetem Yaw System	20 m/s[1]	nein	0° - 360°	0° - 360°	45°	80°	120°
Blatt Pitch fest	15 m/s[1]	ja	75° - 105°	0°, 90°, 180°, 270°	85°	85°	85°
Blatt 1 Pitch variabel	15 m/s[1]	ja	75° - 105°	90°, 180°, 270°	0° - 360°	85°	85°
Blatt 2 Pitch variabel	15 m/s[1]	ja	75° - 105°	180°	85°	0° - 90°	85°
Blatt 3 Pitch variabel	15 m/s[1]	ja	75° - 105°	180°	85°	85°	0° - 90°
0° Pitch auf 6 Uhr	10 m/s[1]	ja	0° - 360°	180°	0°	150°	-65°
90° Pitch auf 6 Uhr	8 m/s[1]	ja	0° - 360°	180°	90°	170°	-30°
Variabler Pitch auf 6 Uhr (Kamera- und Drohneninspektion)	8 m/s[2]	ja	0° - 360°	180°	0° - 360°	85°	85°
Blatt Pitch fest (Kamera- und Drohneninspektion)	8 m/s[2]	ja	0° - 360°	0° - 360°	85°	85°	85°
Yaw Fehler, Ematec getrennt	15 m/s[1]	nein	0° - 360°	0° - 360°	120°	80°	45°

Tabelle 5: Berücksichtigte Wartungszustände

[1] Gemäß DIN EN 61400-1:2019 Kap. 7.4.9 wurden für die Simulation eine um 5 m/s höhere Windgeschwindigkeit angesetzt.
[2] Zusätzliche 5 m/s wurden bei den Simulationen nicht berücksichtigt. Außer im Turmfuß dürfen sich keine Personen in der Turbine aufhalten, siehe Auflagen.

Anhang: Berücksichtigte Zustände Einzelblattinstallation

Beschreibung	Zulässige Windgeschwindigkeit[3]	Rotorlock (ja/nein)	Wind-richtung	Rotor Azimut-winkel	Pitchwinkel Blatt 1	Pitchwinkel Blatt 2	Pitchwinkel Blatt 3
Blattmontage	7 m/s	ja	0° - 360°	siehe [17] und[18]			
Bolzenverbindung	10 m/s	ja	0° - 360°	siehe [17] und [18]			
Bolzenanzug	15 m/s	ja	90° ± 15°	siehe [17] und[18]			
Pitch in sicherer Position in verriegeltem Zustand	10 m/s 15 m/s	ja	siehe [17] und [18]				
Rotorlock[4]	15 m/s	ja	siehe [17] und [18]	180°	92°	92°	92°
Rotorrotation[4]	15 m/s	nein	360° ± 8°	0° - 360°	92°	92°	92°

Tabelle 6: Berücksichtigte Zustände Einzelblattinstallation

[3] Gemäß DIN EN 61400-1:2019 Kap. 7.4.9 wurden für die Simulation eine um 5 m/s höhere Windgeschwindigkeit angesetzt.
[4] Der Pitchwinkel hängt von der Windgeschwindigkeit ab und kann aufgrund von minimaler Drehmomentnachführung leicht variieren.

WINDENERGIE SYSTEME

Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.

Gutachtliche Stellungnahme

Datum: 2025-07-29

Bericht Nr.: **3743008-9-d-1 Rev. 4**

Objekt: **Evaluierung der Konstruktion - Lastannahmen**
Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E1
Rotorblatt E-175 EP5-RB-01
Nabenhöhe 112 m, 132 m, 140 m und 162 m
über Geländeoberkante
(Türme E-175 EP5-ST-112-FB-C-01,
E-175 EP5-HST-112-FB-C-01,
E-175 EP5-HST-132-FB-C-01,
E-175 EP5-HST-140-FB-C-01,
E-175 EP5-HT-162-ES-C-01
E-175 EP5-HST-162-FB-C-01)

WEA-Klasse S und Windzone S

hier: Maschinenbau- und Rotorblattlasten

Grundlage der Evaluierung: IECRE OD-501:2022,
DIN EN 61400-22:2011 und DIBt 2012

Auftraggeber: ENERCON Global GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Deutschland

Unsere Zeichen:
IS-ESW-MUC

Dokument:
3743008-9-d-1_rev4_Enercon_E-175E_EP5_LA_MB+RB_IECS_DIBtWZS.docx

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 tuvsud.com/impressum

Aufsichtsrat:
Reiner Block (Vors.)
Geschäftsführung:
Ferdinand Neuwieser (Sprecher)
Thomas Kainz
Simon Kellerer
Paula Pias Peleteiro

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

tuvsud.com/de-is
Telefon: 089 5791-3146

Revision	Datum	Änderungen
0	2023-06-14	Erstfassung
1	2023-12-12	Lasten für Einzelblattmontage [5] und zugehörige Lastfallbeschreibung [21] hinzugefügt; redaktionelle Änderungen
2	2024-10-07	Lastvergleich (Maschinenbaulasten) für Rotorblatttyp E-175 EP5-RB-01 A2.1kCAD-S12.1 hinzugefügt [7]; Neue Lastannahmen für das Rotorblatt hinzugefügt [5]; Design Basis Evaluation Report hinzugefügt [9]; Neue Revision der Dokumente [16], [18], [23]; Dokumente [32] und [33] hinzugefügt; Rotorblatteigenschaften angepasst; Abschnitt 5.3 hinzugefügt; Redaktionelle Änderungen
3	2025-06-26	Lastvergleich aufgrund aktualisierter Einzelblattmontage [8] Ergänzende Beschreibung zur Einzelblattmontage [27] und [28] Aktualisierung der Maintenance Lastbedingungen [9] und [29] Safe Feather Idling hinzugefügt [10] Auflage 3 geändert
4	2025-07-29	Turm E175 EP5-HST-112-FB-C-01 hinzugefügt Turm E175 EP5-HST-162-FB-C-01 hinzugefügt Dokumente [17], [35], [36], [38] und [39] der Revision 3 entfernt Dokumente [18], [36] bis [38], [40] und [43] bis [48] hinzugefügt Redaktionelle Änderungen

Notiz: Referenzangaben älterer Revisionen könnten sich geändert haben und könnten bei der aktuellen Revision nicht mehr zutreffen.

Inhaltsverzeichnis

1 Unterlagen 4
1.1 Evaluierte Unterlagen 4
1.2 Eingesehene Unterlagen 14
2 Grundlagen der Evaluierung 18
2.1 Angewendete Standards 18
2.2 Zusätzliche Standards 18
3 Beschreibung 19
3.1 Turbineneigenschaften 19
3.2 Umgebungsbedingungen 20
3.3 Eigenfrequenzen 21
4 Umfang der Evaluierung 21
5 Bemerkungen 21
5.1 Extremlasten 21
5.2 Betriebsfestigkeitslasten 22
5.3 Lastvergleich: Rotorblatt E-175 EP5-RB-01 A2.1kCAD-S12.1 23
5.4 Lastvergleich: Aktualisierung der Einzelblattmontage 23
5.5 Lastvergleich: Aktualisierung der Wartung und Service Bedingungen 23
6 Gutachtliche Stellungnahme 24
Auflagen 24
Anhang: Berücksichtigte Wartungszustände 25
Anhang: Berücksichtigte Zustände Einzelblattinstallation 26

1 Unterlagen

1.1 Evaluierte Unterlagen

Folgende Dokumente wurden zur Evaluierung vorgelegt:

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[1]	Datenträgerdatei: “D02871960_0.0_E-175 EP5; LL03 SC WCII TCA 8.5-2; Blade tip loads.zip” MD5 Prüfsumme: CBC169422D23B9D3A5D9AB1B98F90003 Die Prüfung umfasst die folgenden Dokumente:	Enercon	D02871960 Rev. 0.0	N/A
[1.1]	Datei "Equi_abdeckend_1E6LW.xlsx", MD5 Prüfsumme: 9FFF80A723A543A8DF7171E1DC17018A	Enercon	N/A	N/A
[1.2]	Datei "Equi_abdeckend_2E6LW.xlsx" MD5 Prüfsumme: 850B9C34A5C0D2BF6442F95616E26A3A	Enercon	N/A	N/A
[1.3]	Datei "Blade_1_Tiploads_mean_loads_envelope.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 22F796715F6BA8D885E17047C6F5A408	Enercon	N/A	N/A
[1.4]	Datei "Tip_T112_T175_Eingelesene_Kollektive_ merge_abdeckend.xlsx”, MD5 Prüfsumme: FC88FB68ABCB16A9485FC616F03520C1	Enercon	N/A	N/A
[1.5]	Datei "Extremlasten_Tip_abdeckend_T112_T175_without_formulae.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 7F89DC007AFBC1FB123D17A393B79392	Enercon	N/A	N/A
[2]	Datenträgerdatei: “D02866819_0.2_E175 EP5;LL03 SC;WCII TCA 8.5-2;Machine loads GT.zip” MD5 Prüfsumme: 85D4C6B015B8056081102200B0014086 Die Prüfung umfasst die folgenden Dokumente:	Enercon	D02866819 Rev. 0.2	N/A
[2.1]	Datei "DEL_nacfront mod mass_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: E567C6D17721FAE611E1600F2436277E	Enercon	N/A	N/A
[2.2]	Datei "DEL_shaft mod mass_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 3B273659EC48DD0628D59E046CFC3B2C	Enercon	N/A	N/A
[2.3]	Datei "DEL_Hub loads modified mass_ fixed frame GL coordinates_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: A8AE5486CD94DAA376E2FCB76F3797B4	Enercon	N/A	N/A
[2.4]	Datei "DEL_mainb HCS mod mass_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: ED107755B074F0DB990122CC25E3073C	Enercon	N/A	N/A
[2.5]	Datei "DEL_mainb RCS mod mass_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 11A8B99625EDBA4D6C9ACDA27A1C0064	Enercon	N/A	N/A

[2.6]	Datei "MT_112m\MT_Hub loads modified mass fixed frame GL coordinates_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.10.xlsx", MD5 Prüfsumme: 9A04BAB19A2318244E4DEA497CC86164	Enercon	N/A	N/A
[2.7]	Datei "MT_112m\MT_Hub loads modified mass fixed frame GL coordinates_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.20.xlsx", MD5 Prüfsumme: 13FA2E9ECA73FE9A882F2F89AC3EE797	Enercon	N/A	N/A
[2.8]	Datei "MT_132m\MT_Hub loads modified mass fixed frame GL coordinates_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.20.xlsx", MD5 Prüfsumme: 1468170C7E3D4B43899E93AE9FA9566F	Enercon	N/A	N/A
[2.9]	Datei "MT_140m\MT_Hub loads modified mass fixed frame GL coordinates_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.20.xlsx", MD5 Prüfsumme: B3590455BFA081D625374140C0E18AA4	Enercon	N/A	N/A
[2.10]	Datei "MT_162m\MT_Hub loads modified mass fixed frame GL coordinates_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.20.xlsx", MD5 Prüfsumme: 9AAD7B392F02E11173C3E078A3E736C5	Enercon	N/A	N/A
[2.11]	Datei "MT_175m\MT_Hub loads modified mass fixed frame GL coordinates_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.40.xlsx", MD5 Prüfsumme: 691B9577934CC0C0B37E2AD6F3219C1F	Enercon	N/A	N/A
[2.12]	Datei "MT_175m\MT_Hub loads modified mass fixed frame GL coordinates_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.20.xlsx", MD5 Prüfsumme: 107713DD93323356D1E02B3A5F9CA984	Enercon	N/A	N/A
[2.13]	Datei "MV_mainb_HCS_mod_mass_env.xlsx", MD5 Prüfsumme: CE7B2700892117D69201C75B197311B3	Enercon	N/A	N/A
[2.14]	Datei "MV_mainb_RCS_mod_mass_env.xlsx", MD5 Prüfsumme: 4CD75F8C658D4B089EC88C74014D67E4	Enercon	N/A	N/A
[2.15]	Datei "MV_nacfront_mod_mass_env.xlsx", MD5 Prüfsumme: 641DAFEEA42B703056CF0CDB8B198EBD	Enercon	N/A	N/A
[2.16]	Datei "MV_shaft_mod_mass_env.xlsx", MD5 Prüfsumme: F5D0271025F844435D4EA333477B0F0F	Enercon	N/A	N/A
[2.17]	Datei "MV_Hub_loads_modified_mass_fixed_ frame_GL_coordinates_env.xlsx", MD5 Prüfsumme: DEBEE27F3B4A62FDC1487E1853236123	Enercon	N/A	N/A

[2.18]	Datei "RF_mainb HCS mod mass_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 18C354DDA701A21FAD60DEFCFE53899F	Enercon	N/A	N/A
[2.19]	Datei "RF_mainb RCS mod mass_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 418EF8DCC82FA743ADCC23719EFC1419	Enercon	N/A	N/A
[2.20]	Datei "RF_nacfront mod mass_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 70AB87677ADADBCD82DA09AA565C5E21	Enercon	N/A	N/A
[2.21]	Datei "RF_shaft mod mass_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 7168C468E2BEFF5CCA0CE0A3994B9552	Enercon	N/A	N/A
[2.22]	Datei "RF_Hub loads modified mass_ fixed frame GL coordinates_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 023BFCEB0E06249CA17CF6EEF09D63A6	Enercon	N/A	N/A
[2.23]	Datei "Kreuztabelle_Hub+GTflanges.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 38A50851FD284FB008B6ACFCA2D89BE2	Enercon	N/A	N/A
[2.24]	Datei "Kreuztabelle_shaft.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 67EF579C37114F122C978436D0E2B012	Enercon	N/A	N/A
[2.25]	Datei "Kreuztabelle_Hub_w.o.locked.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 827AA0810EDDFFEFAAA094257D20B26B	Enercon	N/A	N/A
[3]	Datenträgerdatei: “D02832581_0.1_E175 EP5;LL03 SC; WCII TCA 8.5-2; Machine loads HP++.zip” MD5 Prüfsumme: 7411058568AE2F11BEA4DDAEE3D38242 Die Prüfung umfasst die folgenden Dokumente:	Enercon	D02832581 Rev. 0.1	N/A
[3.1]	Datei "DEL_Hub loads_ fixed frame GL coordinates_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 2E5CF56727BA9EC35BEBD253C37AF3F5	Enercon	N/A	N/A
[3.2]	Datei "DEL_mainb HCS_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 46B9365A5947ACB24A63741E6842AE2E	Enercon	N/A	N/A
[3.3]	Datei "DEL_mainb RCS_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 3D4999BEC9780F7AF7E2ACBF1A98BF25	Enercon	N/A	N/A
[3.4]	Datei "DEL_nacfront_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 7BD668C7ABAEBDDE08EEAE24D97CEC67	Enercon	N/A	N/A
[3.5]	Datei "DEL_shaft_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: C55A1FCCAFF7E1F6CC2CDF2E9E61B529	Enercon	N/A	N/A
[3.6]	Datei "DEL_Tower loads GL coordinates_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 5FC9D81EC6205A84ED9288B02D618361	Enercon	N/A	N/A
[3.7]	Datei "DEL_Blade 1 Rotated BLPoT Loads_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 50C4529016215829A75A749A79841D49	Enercon	N/A	N/A

[3.8]	Datei "DEL_Blade root 1 Rotated Loads_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 072D75D6CC6F4CEA0C578E702E743144	Enercon	N/A	N/A
[3.9]	Datei "DEL_Blade root 1_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 5EAB0E04690EF36E39E87EA302DDF643	Enercon	N/A	N/A
[3.10]	Datei "DEL_combin_Bladed2bladRxBCS_B1_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 39FBF6BBECC3B82F5E06A34935BF0349	Enercon	N/A	N/A
[3.11]	Datei "HH112_shear0.1\MT\MT_Hub loads fixed frame GL coordinates_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.20.xlsx”, MD5 Prüfsumme: AA34ED255894884E7C5AB3BC65277BDE	Enercon	N/A	N/A
[3.12]	Datei "HH112_shear0.2\MT\MT_Hub loads fixed frame GL coordinates_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.20.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 0413127EE68B4590F35932D2FBE1B17D	Enercon	N/A	N/A
[3.13]	Datei "HH132_shear0.2\MT\MT_Hub loads fixed frame GL coordinates_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.20.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 96B15412D77C96F27457FDB3C896A11A	Enercon	N/A	N/A
[3.14]	Datei "HH140_shear0.2\MT\MT_Hub loads fixed frame GL coordinates_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.20.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 4141886876C61924A3607E349DDF8538	Enercon	N/A	N/A
[3.15]	Datei "HH162_shear0.2\MT\MT_Hub loads fixed frame GL coordinates_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.20.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 1AAC8D4987EBBDDCAB30432EA5E62969	Enercon	N/A	N/A
[3.16]	Datei "HH175_shear0.2\MT\MT_Hub loads fixed frame GL coordinates_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.20.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 33703934B4013A92F9ABAB0435CA536A	Enercon	N/A	N/A
[3.17]	Datei "HH175_shear0.4\MT\MT_Hub loads fixed frame GL coordinates_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.20.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 859990478A908A9102F3339F81CFDE5E	Enercon	N/A	N/A
[3.18]	Datei "MV_Blade_root_1_Rotated_Loads_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 8F078067E70B3E097A873396DCEA5B89	Enercon	N/A	N/A
[3.19]	Datei "MV_combin_Bladed2bladRxBCS_B1_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: AADB83D4139A29B380BD50D265779BA7	Enercon	N/A	N/A
[3.20]	Datei "MV_Hub_loads_fixed_frame_GL_ coordinates_env.xlsx”,	Enercon	N/A	N/A

	MD5 Prüfsumme: 5EB01E036F5176C68BF564B01E885EC5			
[3.21]	Datei "MV_mainb_HCS_env.xlsx", MD5 Prüfsumme: 51E482B8E55CE921476A3E286883EF9A	Enercon	N/A	N/A
[3.22]	Datei "MV_mainb_RCS_env.xlsx", MD5 Prüfsumme: EB8EE41E003A0762487A277FD75FAAA1	Enercon	N/A	N/A
[3.23]	Datei "MV_nacfront_env.xlsx", MD5 Prüfsumme: 59410881F943FAA2892CB3E0B70A980D	Enercon	N/A	N/A
[3.24]	Datei "MV_shaft_env.xlsx", MD5 Prüfsumme: A0087E355EE82B408890A3A25DBC4C33	Enercon	N/A	N/A
[3.25]	Datei "MV_Tower_loads_GL_coordinates_env.xlsx", MD5 Prüfsumme: 877793AC0B457C6EB9CCC784A6E56423	Enercon	N/A	N/A
[3.26]	Datei "MV_Blade_1_Rotated_BLPoT_Loads_env.xlsx", MD5 Prüfsumme: 7350329506C5D193DB579DCCA05AE9D4	Enercon	N/A	N/A
[3.27]	Datei "MV_Blade_root_1_env.xlsx", MD5 Prüfsumme: F5944B7C5B4F56860FA713A0BCDB2F40	Enercon	N/A	N/A
[3.28]	Datei "HH112_shear0.1\MT_NGYaw-external-loaddll_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.10_Soft.xlsx", MD5 Prüfsumme: DABE580D1CE43D8BCC7F7249AE29DB21	Enercon	N/A	N/A
[3.29]	Datei "HH112_shear0.1\MT_NGYaw-external-loaddll_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.10_Rigid.xlsx", MD5 Prüfsumme: 6674A394EB8995B3EC2312BC6134075B	Enercon	N/A	N/A
[3.30]	Datei "HH112_shear0.2\MT_NGYaw-external-loaddll_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.20_Soft.xlsx", MD5 Prüfsumme: F3A102432BCADE34A4824EF8443C54FD	Enercon	N/A	N/A
[3.31]	Datei "HH112_shear0.2\MT_NGYaw-external-loaddll_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.20_Rigid.xlsx", MD5 Prüfsumme: BCD07CA6D3956E737DB0AED20AFD0656	Enercon	N/A	N/A
[3.32]	Datei "HH132_shear0.2\MT_NGYaw-external-loaddll_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.20_Soft.xlsx", MD5 Prüfsumme: 1D45C3C9503B91A169E587BFA34F8287	Enercon	N/A	N/A
[3.33]	Datei "HH132_shear0.2\MT_NGYaw-external-loaddll_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.20_Rigid.xlsx", MD5 Prüfsumme: DF9E66792676A07CCD81DC7120C4DFD6	Enercon	N/A	N/A

[3.34]	Datei "HH140_shear0.2\MT_NGYaw-external-loaddll_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.20_Soft.xlsx", MD5 Prüfsumme: 870EDF2701F551B5A11608C3841D7EA3	Enercon	N/A	N/A
[3.35]	Datei "HH140_shear0.2\MT_NGYaw-external-loaddll_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.20_Rigid.xlsx", MD5 Prüfsumme: 18E34717AEA7BE749EF37240669318CD	Enercon	N/A	N/A
[3.36]	Datei "HH162_shear0.2\MT_NGYaw-external-loaddll_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.20_Soft.xlsx", MD5 Prüfsumme: 6D34302E400B68A3A1B2061710B8B0D8	Enercon	N/A	N/A
[3.37]	Datei "HH162_shear0.2\MT_NGYaw-external-loaddll_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.20_Rigid.xlsx", MD5 Prüfsumme: E4642CCFC0C20B31D16BA4A2DF814730	Enercon	N/A	N/A
[3.38]	Datei "HH175_shear0.2\MT_NGYaw-external-loaddll_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.20_Rigid.xlsx", MD5 Prüfsumme: 11790BD7FFFA3782A35485F29441E962	Enercon	N/A	N/A
[3.39]	Datei "HH175_shear0.2\MT_NGYaw-external-loaddll_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.20_Soft.xlsx" MD5 Prüfsumme: 30195AE671471AFC652554D3B0AD966D	Enercon	N/A	N/A
[3.40]	Datei "HH175_shear0.4\MT_NGYaw-external-loaddll_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.40_Soft.xlsx" MD5 Prüfsumme: 8E9D3C1B8B8910BDA4AA691076378367	Enercon	N/A	N/A
[3.41]	Datei "HH175_shear0.4\MT_NGYaw-external-loaddll_vm=8.5_k=2_25_DLCs combined_0.40_Rigid.xlsx", MD5 Prüfsumme: 25469300E0444F08B9A04543FBCBA7A1	Enercon	N/A	N/A
[3.42]	Datei "Kreuztabelle_deenergised.xlsx", MD5 Prüfsumme: 4A2005846877C7FEC04F3DC8223B4E46	Enercon	N/A	N/A
[3.43]	Datei "PAT_Pitch_system_env.xlsx", MD5 Prüfsumme: 963D487B8791DCCBDB7A8D02DD4AC2CD	Enercon	N/A	N/A
[3.44]	Datei "RF_combin_Bladed2bladRxBCS_B1_env.xlsx", MD5 Prüfsumme: 75B7416FD9F6B8CBC2E3CC272DC8E1AE	Enercon	N/A	N/A
[3.45]	Datei "RF_Hub loads_ fixed frame GL coordinates_env.xlsx", MD5 Prüfsumme: 69CF33F541FF132606D282FA83462D09	Enercon	N/A	N/A

[3.46]	Datei "RF_mainb HCS_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 62EFF448ED950E6AC1E868AF6138D3D2	Enercon	N/A	N/A
[3.47]	Datei "RF_mainb RCS_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 6551B568A2D657A403213EA871B8C5EA	Enercon	N/A	N/A
[3.48]	Datei "RF_nacfront_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: AC27CA8D8D62C594D4005E3E28B8A2F9	Enercon	N/A	N/A
[3.49]	Datei "RF_shaft_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 09FA96F1B6BDCD0DEB5789A699F256DD	Enercon	N/A	N/A
[3.50]	Datei "RF_Tower loads GL coordinates_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: FE833DACC68E86B0D3C8C4E2D57A1ED6	Enercon	N/A	N/A
[3.51]	Datei "RF_Blade 1 Rotated BLPoT Loads_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 6A83EF7D896E070B8FF8F92B17D3D728	Enercon	N/A	N/A
[3.52]	Datei "RF_Blade root 1 Rotated Loads_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 97A84AECDFFED61D529685812691E092	Enercon	N/A	N/A
[3.53]	Datei "RF_Blade root 1_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: AB9828435FFB135A83B819B1AF6FA0FA	Enercon	N/A	N/A
[3.54]	Datei "HH112\BLN SFFred Dim BLN SFFred\Zeitgleiche_BLN SFF red_-_Dim_BLN SFF red_SF.xlsx“ MD5 Prüfsumme: 12AE270DF5B648595DA4761D492CEBD7	Enercon	N/A	N/A
[3.55]	Datei "HH112\BLN SFFred Dim BLN SFFred\Zeitgleiche_BLN SFF red_-_Dim_BLN SFF red_NF.xlsx”, MD5 Prüfsumme: AA0B1FD4B84799392ACDDCCC9806D8C0	Enercon	N/A	N/A
[3.56]	Datei "HH112\BLN SFFred dim Hub\Zeitgleiche_BLN SFF red_-_Dim_Hub_NF.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 9DCA9D8AE549F6F08ED049592523EA07	Enercon	N/A	N/A
[3.57]	Datei "HH112\BLN SFFred dim Hub\Zeitgleiche_BLN SFF red_-_Dim_Hub_SF.xlsx”, MD5 Prüfsumme: A870FE87E2CA160272A921FCA85745C0	Enercon	N/A	N/A
[3.58]	Datei "HH132\BLN SFFred- dim BLN SFFred\Zeitgleiche_BLN SFF red_-_Dim_BLN SFF red_SF.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 738CD4DCFAE49A9FB68DD08D9B92B255	Enercon	N/A	N/A
[3.59]	Datei "HH132\BLN SFFred- dim BLN SFFred\Zeitgleiche_BLN SFF red_-_Dim_BLN SFF red_NF.xlsx”, MD5 Prüfsumme: F4BAE7E989AF5CDCC6B66B25A98622BA	Enercon	N/A	N/A

[3.60]	Datei "HH132\BLN SFFred- dim Hub\Zeitgleiche_BLN SFF red_-_Dim_Hub_SF.xlsx”, MD5 Prüfsumme: B7928304DB77E33F9BCE42532B68BE38	Enercon	N/A	N/A
[3.61]	Datei "HH132\BLN SFFred- dim Hub\Zeitgleiche_BLN SFF red_-_Dim_Hub_NF.xlsx”, MD5 Prüfsumme: FA8303937DD231881459928F340B9FB7	Enercon	N/A	N/A
[3.62]	Datei "HH140\BLN SFFred dim BLN SFFred\Zeitgleiche_BLN SFF red_-_Dim_BLN SFF red_NF.xlsx”, MD5 Prüfsumme: A9498ED3DD2B42B915CCFD50210D3D22	Enercon	N/A	N/A
[3.63]	Datei "HH140\BLN SFFred dim BLN SFFred\Zeitgleiche_BLN SFF red_-_Dim_BLN SFF red_SF.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 013C2FA65026AD8F6FA85A0971B33D48	Enercon	N/A	N/A
[3.64]	Datei "HH140\BLN SFFred dim Hub\Zeitgleiche_BLN SFF red_-_Dim_Hub_SF.xlsx”, MD5 Prüfsumme: E7ECF168D6EB1BCBCC686D7DF7C533D1	Enercon	N/A	N/A
[3.65]	Datei "HH140\BLN SFFred dim Hub\Zeitgleiche_BLN SFF red_-_Dim_Hub_NF.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 8CD9D52B87670AE78CA93CAC175B3FB3	Enercon	N/A	N/A
[3.66]	Datei "HH162\BLN SFFred - dim BLN SFFred\Zeitgleiche_BLN SFF red_-_Dim_BLN SFF red_NF.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 57913FB53C485C7E2F927E49203B5B26	Enercon	N/A	N/A
[3.67]	Datei "HH162\BLN SFFred - dim BLN SFFred\Zeitgleiche_BLN SFF red_-_Dim_BLN SFF red_SF.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 306AB094D1AD2561E84E4E3812C18ADB	Enercon	N/A	N/A
[3.68]	Datei "HH162\BLN SFFred - dim Hub\Zeitgleiche_BLN SFF red_-_Dim_Hub_SF.xlsx”, MD5 Prüfsumme: D01799EC27473F5CB79CB8AA7BCE9E52	Enercon	N/A	N/A
[3.69]	Datei "HH162\BLN SFFred - dim Hub\Zeitgleiche_BLN SFF red_-_Dim_Hub_NF.xlsx”, MD5 Prüfsumme: E61526C464BD1909C5BA2900972C5BB9	Enercon	N/A	N/A
[3.70]	Datei "HH175\BLN SFFred dim BLN SFFred\Zeitgleiche_BLN SFF red_-_Dim_BLN SFF red_SF.xlsx”, MD5 Prüfsumme: DC83D6700E49F8CFFD2FBBE58CB39861	Enercon	N/A	N/A

[3.71]	Datei "HH175\BLN SFFred dim BLN SFFred\Zeitgleiche_BLN SFF red_-_Dim_BLN SFF red_NF.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 0B1E2ED50F5D0E325CF9C331F5AD30B0	Enercon	N/A	N/A
[3.72]	Datei "HH175\BLN SFFred dim Hub\Zeitgleiche_BLN SFF red_-_Dim_Hub_SF.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 9D50D6ACE94E72440848E478E0E185DC	Enercon	N/A	N/A
[3.73]	Datei "HH175\BLN SFFred dim Hub\Zeitgleiche_BLN SFF red_-_Dim_Hub_NF.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 27FA1625A639FE8EDE4E80F6BBBA35C0	Enercon	N/A	N/A
[3.74]	Datei "Kreuztabelle_std.xlsx”, MD5 Prüfsumme: EDABEF69A9128972B165706FE7EA7FC8	Enercon	N/A	N/A
[3.75]	Datei "Kreuztabelle_flanges.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 64C780F737D04350B2272A6F78346CB0	Enercon	N/A	N/A
[3.76]	Datei "Kreuztabelle_flanges_shaft.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 8B01DAEF082E2F69015D49300A3FD492	Enercon	N/A	N/A
[3.77]	Datei "Kreuztabelle_Hub_w.o.locked.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 42B2324A3D49D64B3E40DDD9019499DD	Enercon	N/A	N/A
[3.78]	Datei "Kreuztabelle_locked.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 8297954F9DF9F672133E94275B3C507D	Enercon	N/A	N/A
[3.79]	Datei "Kreuztabelle_locked8.1.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 1E8B1D169598FD9EE4CB8C67D00442E3	Enercon	N/A	N/A
[4]	Datenträgerdatei: “D02833439_2.1_E-175 EP5;LL03 SC WCII TCA 8.5-2; Blade loads.zip” MD5 Prüfsumme: 0DF11BBFAE398E1C40A09E1FFBED7096 Die Prüfung umfasst die folgenden Dokumente:	Enercon	N/A	N/A
[4.1]	Datei "DEL_Blade 1 Rotated BLPoT Loads_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 50C4529016215829A75A749A79841D49	Enercon	N/A	N/A
[4.2]	Datei "DEL_Blade root 1 Rotated Loads_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 072D75D6CC6F4CEA0C578E702E743144	Enercon	N/A	N/A
[4.3]	Datei "DEL_Blade root 1_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 5EAB0E04690EF36E39E87EA302DDF643	Enercon	N/A	N/A
[4.4]	Datei "MV_Blade_root_1_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: F5944B7C5B4F56860FA713A0BCDB2F40	Enercon	N/A	N/A
[4.5]	Datei "MV_Blade_root_1_Rotated_Loads_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 8F078067E70B3E097A873396DCEA5B89	Enercon	N/A	N/A

[4.6]	Datei "MV_Blade_1_Rotated_BLPoT_Loads_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 7350329506C5D193DB579DCCA05AE9D4	Enercon	N/A	N/A
[4.7]	Datei "RF_Blade root 1 Rotated Loads_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 97A84AECDFFED61D529685812691E092	Enercon	N/A	N/A
[4.8]	Datei "RF_Blade root 1_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: AB9828435FFB135A83B819B1AF6FA0FA	Enercon	N/A	N/A
[4.9]	Datei "RF_Blade 1 Rotated BLPoT Loads_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 6A83EF7D896E070B8FF8F92B17D3D728	Enercon	N/A	N/A
[4.10]	Datei "DEL_Blade 1 Loads Root axes.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 2B380AA91833B4822FC7985E3C215DAF	Enercon	N/A	N/A
[4.11]	Datei "DEL_Blade 1 Rotated BLPoT Loads_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 3657213BAB45FE528878C04EACBD3E22	Enercon	N/A	N/A
[4.12]	Datei "DEL_Blade 1 Loads_ Root axes_env.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 83B94253F01B1B0213814519EAEA461B	Enercon	N/A	N/A
[4.13]	Datei "360_LL3_LL3SC_env_BLP SFF red_SF.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 292FF27E836C977EDF4D62C1BFA8CDA0	Enercon	N/A	N/A
[4.14]	Datei "360_LL3_LL3SC_env_NF.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 72C7CFA4DB2818E6D75CE92D1242EB60	Enercon	N/A	N/A
[5]	Datenträgerdatei: “D03019491_0.1_de-en_Calculation_E-175 EP5;LL6 WCII TCA 8.5-2; Blade loads.zip” MD5 Prüfsumme: C6ACE23FD37ACF6D8BADA8F9815586C2 Die Prüfung umfasst die folgenden Dokumente:	Enercon	D03019491 Rev. 0.1	N/A
[5.1]	Datei "env__BLP SFF red_SF.xlsx ”, MD5 Prüfsumme: F09D712AA1E9EEFD145E99E49B36CC6C	Enercon	N/A	N/A
[5.2]	Datei "env_BLPoT_NF.xlsx“, MD5 Prüfsumme: 238DCA2BAEDFCED515200CEDA84C806F	Enercon	N/A	N/A
[5.3]	Datei “DEL_Blade 1 Loads_ Root axes_env.xlsx” MD5 Prüfsumme: 21C10CAB3C6930F908B28093FB9C5506	Enercon	N/A	N/A
[5.4]	Datei “DEL_Blade root 1_env.xlsx” MD5 Prüfsumme: E6DF570EA6EA0CF91B7864318832ECB5	Enercon	N/A	N/A
[5.5]	Datei “DEL_Blade root 1 Rotated Loads_env” MD5 Prüfsumme: C558CAEBCED871270DC142541940FA2A	Enercon	N/A	N/A
[6]	Datei “D02938082_0.0_de-en_Calculation_E175 EP5; Mx Hub; Single blade assembly loads.xlsx”, MD5 Prüfsumme: E7782286E8D602BBD2F11051D6FA173C	Enercon	D02938082 Rev. 0.0	N/A

[7]	Datei “D03034201_0.0_E175 EP5; LL06; Machine and tower loads comparison with A2.1kCAD-S12.1.xlsx” MD5 Prüfsumme: A118D9B78AFE768593EB416251D490A6	Enercon	D03034201 Rev. 0.0	N/A
[8]	Datenträgerdatei: “D03108420_0.0_de-en_Calculation_E175 EP5 E1_E2; Mx Hub loads comparison; single blade assembly.zip” MD5 Prüfsumme: A2477DF6D3AF11FD938B186C5C4B2BD1	Enercon	D03108420 Rev. 0.0	N/A
[9]	Datenträgerdatei. “D03126659_0.0_de-en_Calculation_E175 EP5 E1 and E2; Loads comparison Maintenance and Service DLCs.zip” MD5 Prüfsumme: 9abda0f695aaec89cf4c1d1767e999e4	Enercon	D03126659 Rev. 0.0	N/A
[10]	Datenträgerdatei “D03107377_0.0_de-en_Calculation_E175 EP5; LL06; Loads comparison Safe feather Idling.zip” MD5 Prüfsumme: d9d3bb9747fe3c7307f3b04215da4dfd	Enercon	D03107377 Rev. 0.0	N/A

1.2 Eingesehene Unterlagen

Folgende Dokumente wurden im Rahmen der Evaluierung zusätzlich herangezogen:

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[11]	Design Base E-175 EP5 / E-175 EP5 E2	Enercon	D02833990 Rev. 0.5	2024-10-17
[12]	Evaluation Report Design Basis Evaluation Wind Turbine ENERCON E-175 EP5 Hub Heights 112 m, 132 m, 140 m, 162 m, 175 m Rotor Blade Type E-175 EP5-RB-01 for WT-class S	TÜV SÜD	3743008-1-e-0 Rev. 3	2025-06-17
[13]	Datei “D02833237_0.0_de-en_Calculation_E-175-EP5_ST-112-FB-C-01; LL03 SC_WCII_TCA_7.0-2.0; fatigue and ultimate loads; tower.xlsx” MD5 Prüfsumme: C5DC979095C3C2150D0F01E724374131	Enercon	D02833237 Rev. 0.0	N/A
[14]	Datei “D03106659_0.0_LSET; LL06; E-175 EP5 -HST-112-FB-C-01.zip” MD5 Prüfsumme: 3acf3884d453cd0cba6e4c7ab9360220	Enercon	N/A	N/A
[15]	Datei “D02833233_0.0_de-en_Calculation_E-175_EP5-HST-132-FB-C-01; LL03 SC_WCII_TCA_7.2_2.0; fatigue and ultimate loads; tower.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 90EE7C3C8137F7DA0B249A79E5C18B90	Enercon	D02833233 Rev. 0.0	N/A
[16]	Datei “D02833234_0.0_de-en_Calculation_E-175_EP5-HST-140-FB-C-01; LL03 SC_WCII_TCA_8.5_2.0; fatigue and ultimate loads; tower.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 53E9260371004C12EC9ACBFDA6D3F4FB	Enercon	D02833234 Rev. 0.0	N/A

[17]	Datei “D02833236_0.0_de-en_Calculation_E-175_EP5_-HT-162-ES-C-01; LL03 SC_WCII_TCA_7.8_2.0; fatigue and ultimate loads; tower.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 414692DC408456F34DB17F627F044E4C	Enercon	D02833236 Rev. 0.0	N/A
[18]	Datei: “D03126533_0.0_LSET; LL06; E-175 EP5-HST-162-FB-C-01.zip“, MD5 Prüfsumme: f29314d180e7b2db0bd115f64022b44b)	Enercon	N/A	N/A
[19]	Technische Beschreibung ENERCON Windenergieanlage E-175 EP5	Enercon	D02765171 Rev. 3.0	2023-06-20
[20]	Loads Report E-175 EP5 Fatigue- and ultimate loads as per IEC 61400-1 Ed. 4: 2019 and DIBt 2015	Enercon	D02785544 Rev. 8.2	2025-07-28
[21]	Load simulation process”	Enercon	D02785543 Rev. 0.1	2023-02-21
[22]	Reglerbeschreibung E-175 EP5	Enercon	D02784270 Rev. 4.3	2025-03-14
[23]	Technische Beschreibung Sturmregelung ENERCON Windenergieanlagen	Enercon	D017878614.0-de	2022-10-18
[24]	Technische Beschreibung Anhalteprozeduren E-175 EP5	Enercon	D02872531 Rev. 5.3-de	2025-06-12
[25]	Anforderungsspezifikation RS0000011-SafetyRS EP-SCS-03	Enercon	D02254818 Rev. 8.1	2024-10-02
[26]	Technical Specification EP-SCS-03 Concept SF217 Pitch Rate Diagnosis Forecast	Enercon	D03145056 Rev.2.1-en	2025-06-03
[27]	Technical report Application and interpretation of the distributed turbulences method according to IEC 61400-1”	Enercon	D02385954 Rev. 0.4	2021-06-22
[28]	Technische Beschreibung ENERCON Eisansatzerkennung ENERCON Platform Independent Control System (PI-CS)	Enercon	D02531399 Rev. 1.0	2022-10-05
[29]	Datei “D02785091_2.1_Load case description_E-175 EP5.zip”, MD5 Prüfsumme: 747C58BF1F91CC6E73434DC8E66E36A9	Enercon	D02785091 Rev. 3.0	N/A
[30]	Datei “D02938073_0.0_de-en_Technical description_E-175 EP5 Loadcase Description for Single blade assembly.xlsx“, MD5 Prüfsumme: 2c0fa079a19797b541b13d53a71d6511	Enercon	N/A	N/A
[31]	Datenträgerdatei: “D03108295_0.0_de-en_Technical description_E175 EP5 E1_E2; Loadcase definition; Single blade Assembly.zip” MD5 Prüfsumme: 8E8D06668DF2F5CDFBA56FDB0EA9CE0D	Enercon	D03108295 Rev. 0.0	N/A
[32]	E-175 EP5 Single Blade Mounting	Enercon	D03062352 Rev. 2.0	2025-01-20
[33]	Data Carrier file: “D03126656_0.0_de-en_Technical description_Loadcase definitions_Maintenance_and_Service.zip” MD5 checksum: d64250085405eb5f2afb91e64fabf051	Enercon	D03126656 Rev. 0.0	N/A

[34]	Regelungsdatei: NG-Yaw Control “ExternalLoads_c062ac7.dll” MD5 Prüfsumme: 0C4A3A05797E67555C954611626C942F	Enercon	N/A	N/A
[35]	Simulationsmodell: E-175 EP5 ST-112-FB-C-01 “D03033215_1.0_SSET; LL06; E-175 EP5 -ST-112-FB-C-01\07_Zeitreihen_s2\1.2q_s2\1.2q_s2011303\ powprod.$PJ” MD5 Prüfsumme: 7C5A2975DEA7EA5489D2880894E7552F	Enercon	N/A	N/A
[36]	Simulationsmodell : Enercon E-175 EP5 E1 HST-112 “D03106060_0.0_SSET; LL06; E-175 EP5 -HST-112-FB-C-01.zip\07_Zeitreihen_s2\1.2q_s2\ 1.2q_s2021304\powprod.$PJ” MD5 checksum: c29ac9f99eb8adfdd1f2119679c4a68f	Enercon	N/A	N/A
[37]	Simulationsmodell: E-175 EP5-HST-132-FB-C-01 “D02785503-1.0 - SSET E-175 EP5 -HST-132-FB-C-01\07_Zeitreihen_s2\1.2q_BV_s2\ 1.2q_s2011303\powprod.$PJ” MD5 Prüfsumme: 43BEDD6EABF8EADC2F35A8B15D0559D8	Enercon	N/A	N/A
[38]	Simulationsmodell: E-175 EP5-HST-140-FB-C-01 “D02833616-0_0SSETE-175EP5-HST-140-FB-C-01\07_Zeitreihen_s2\1.2q_BV_s2\ 1.2q_s2011303\powprod.$PJ” MD5 Prüfsumme: b7796471e542561533f2dafe007ccbf7	Enercon	N/A	N/A
[39]	Simulationsmodell: E-175 EP5 HT-162-ES-C-01 D03033216_1.0_SSET; LL06; E-175 EP5 -HT-162-FB-C-01\07_Zeitreihen_s2\1.2q_s2\ 1.2q_s2011303\powprod.$PJ” MD5 Prüfsumme: 6C07DF089EBB26BB9CE7D1FCA82ED041	Enercon	N/A	N/A
[40]	Simulationsmodell: E-175 EP5-HST-162-FB-C-01 D03125964-0.0_SSET; LL06; E-175 EP5-HST-162-FB-C-01\07_Zeitreihen\1.2c\1.2c_s20103\ powprod.$PJ” MD5 Prüfsumme: a48e3cfd5e303b4fda6199e062ef837f	Enercon	N/A	N/A
[41]	Datei “D02833236_0.0_de-en_Calculation_E-175_EP5_-HT-162-ES-C-01; LL03 SC_WCII_TCA_7.8_2.0; fatigue and ultimate loads; tower.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 414692DC408456F34DB17F627F044E4C (enthalten in Datei “D02785545-2.2-LSET E-175 EP5 -HT-162-ES-C-01.zip”, MD5 Prüfsumme: 3B454446EC8EB5FB079222C74C6F6C99)	Enercon	D02833236 Rev. 0.0	N/A
[42]	Datei “D02833237_1.0_de-en_Calculation_E-175-EP5_ST-112-FB-C-01; LL03 SC_WCII_TCA_7.0-2.0; fatigue and ultimate loads; tower.xlsx”, MD5 Prüfsumme: b61ab8199081617e07b9f91dc0476e0a (enthalten in Datei “D02785508_2.0_LSET E-175 EP5 ST-112-FB-C-01.zip”,	Enercon	D02833237 Rev. 1.0	N/A

MD5 Prüfsumme:
2829FC944C6B4453B297C65DC07B4114)

[43]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion – Lastannahmen Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E1 Rotorblatt E175 EP5-RB-01 Nabenhöhe 112 m über Geländeoberkante (Turm E175 EP5 ST-112-FB-C-01)	TÜV SÜD	3743008-4-d-1 Rev. 5	2025-06-26
[44]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion – Lastannahmen Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E1 Rotorblatt E175 EP5-RB-01 Nabenhöhe 112 m über Geländeoberkante (Turm E175 EP5 HST-112-FB-C-01)	TÜV SÜD	4111712-3-d-1 Rev. 0	2025-06-26
[45]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion – Lastannahmen Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E1 Rotorblatt E175 EP5-RB-01 Nabenhöhe 132 m über Geländeoberkante (Turm E-175 EP5-HST-132-FB-C-01)	TÜV SÜD	3743008-5-d-1 Rev. 4	2025-06-26
[46]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion – Lastannahmen Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E1 Rotorblatt E175 EP5-RB-01 Nabenhöhe 140 m über Geländeoberkante (Turm E-175 EP5-HST-140-FB-C-01)	TÜV SÜD	3743008-6-d-1 Rev. 3	2025-06-26
[47]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion – Lastannahmen Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E1 Rotorblatt Type E175 EP5-RB-01 162 m über Geländeoberkante (Turm E-175 EP5-HT-162-ES-C-01)	TÜV SÜD	3743008-7-d-1 Rev. 3	2025-06-26
[48]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion – Lastannahmen Windenergieanlage Wind Turbine ENERCON E-175 EP5 E1 Rotorblatt E175 EP5-RB-01 162 m hub height above ground level(tower E175 EP5-HST-162-FB-C-01)	TÜV SÜD	4144246-3-d-1 Rev. 0	2025-07-29

2 Grundlagen der Evaluierung

2.1 Angewendete Standards

Die Evaluierung der Unterlagen erfolgte gemäß folgender Normen und Richtlinien:

Ref.	Nummer	Titel
/1/	IECRE OD-501:2022	Type and Component Certification Scheme
/2/	IECRE OD-501-4:2017	Conformity Assessment and Certification of Loads by RECB's
/3/	DIN EN 61400-22:2011	Windenergieanlagen - Teil 22: Konformitätsprüfung und Zertifizierung
/4/	DIN EN IEC 61400-1:2019	Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen
/5/	DIBt 2012	Richtlinie für Windenergieanlagen, korrigierte Version 2015

2.2 Zusätzliche Standards

Zur Evaluierung wurden zusätzlich folgende Normen und Richtlinien herangezogen:

/6/	Bestätigungsschreiben vom DKE/AK 383.0.1 zur Verwendung in der DIBt Richtlinie 2015 mit DIN EN IEC 61400-1:2019

3 Beschreibung

In den vorgelegten Lastannahmen [1.1] bis [7] wurden die Betriebsfestigkeits- und Extremlasten der Windenergieanlagen ENERCON E-175 EP5 E1 mit 112 m, 132 m, 140 m und 162 m Nabenhöhe über Geländeoberkante gemäß der Grundlagen der Evaluierung für Umgebungsbedingungen gemäß Kapitel 3.2 berechnet.

3.1 Turbineneigenschaften

Rotorblatttyp	E-175 EP5-RB-01
Rotordurchmesser	175 m
Blattmasse je Blatt	27265 kg
1. statisches Moment je Blatt (bezogen auf Blattwurzel)	680890 kgm
Massenunwucht des Rotors (bezogen auf Nabenmitte)	1000 kgm
Nennleistung	6200 kW
Rotordrehzahlbereich	3,05 - 10,94 rpm
Rotornenndrehzahl	8,75 rpm
Triebstrangtyp	direktgetrieben
Nabenhöhe über Geländeoberkante	112 m, 132 m, 140 m und 162 m
Turmtyp	Stahlturm, Hybridturm, Hybrid-Stahlturm
Konuswinkel	-5.0°
Rotorachsneigung	6.0°
Nennwindgeschwindigkeit, V_r (1 Sekunden Mittelwert)	11 m/s
Einschaltwindgeschwindigkeit, V_{in} (10 Minuten Mittelwert)	2,5 m/s
Abschaltwindgeschwindigkeit, V_{out} (10 Minuten Mittelwert)[1]	25 m/s

Tabelle 1: Turbineneigenschaften

[1] Für Windgeschwindigkeiten zwischen 21 m/s und 25 m/s wird die Leistung schrittweise reduziert.

3.2 Umgebungsbedingungen

	IEC / DIBt	Turmvariante
Extremer 50 Jahres Wind V_{ref} (10 min Mittelwert)	42,5 m/s	Alle
Extremer Jahres Wind V_1 (10 min Mittelwert)	34,0 m/s	Alle
Turbulenzintensität bei Extremwind	11,0 %	Alle
Höhenexponent bei Extremwind	0,11	Alle
Turbulenzkategorie (NTM)	A	Alle
Turbulenzkategorie (ETM)	IIA	Alle
Höhenexponent im Betrieb	0,1 und 0,2	E-175 EP5-ST-112-FB-C-01
		E-175 EP5-HST-112-FB-C-01
	0,2	E-175 EP5-HST-132-FB-C-01
		E-175 EP5-HST-140-FB-C-01
		E-175 EP5-HT-162-ES-C-01
		E-175 EP5-HST-162-FB-C-01
Jährliche mittlere Windgeschwindigkeit	8,5 m/s	Alle
Weibull Form Faktor k	2,0	Alle
Anströmung von unten	8°	Alle
Luftdichte	1,225 kg/m³	Alle
Lebensdauer	25 Jahre	Alle

Tabelle 2: Umgebungsbedingungen

3.3 Eigenfrequenzen

Blatt		
1. Biegefrequenz in Schlagrichtung	0.456 Hz	0.433 Hz bis 0.479 Hz
2. Biegefrequenz in Schlagrichtung	1.122 Hz	1.066 Hz bis 1.178 Hz
1. Biegefrequenz in Schwenkrichtung	0.699 Hz	0.664 Hz bis 0.734 Hz
2. Biegefrequenz in Schwenkrichtung	1.972 Hz	1.873 Hz bis 2.070 Hz

Tabelle 3: Eigenfrequenzen von Turm und Blatt

Die Eigenfrequenzen der Türme können den jeweiligen Berichten zu den Turm- und Fundamentlasten entnommen werden ([43] bis [48]).

4 Umfang der Evaluierung

Die vorgelegten Lastannahmen [1] bis [6] und der Lastvergleich [7] wurden auf Vollständigkeit und Richtigkeit gemäß den Anforderungen der Grundlagen der Evaluierung in Kapitel 0 evaluiert.

Die Eingangsgrößen des Simulationsmodells (enthalten in den Dateien [35] bis [40]) wurden auf Plausibilität evaluiert.

Belastungen aus Transport und Errichtung wurden nicht untersucht, abgesehen von den im Anhang angegebenen Zuständen.

5 Bemerkungen

Die vom Hersteller angegebenen Eingangsgrößen für das Simulationsmodell wurden als richtig vorausgesetzt (enthalten in den Dateien [35] bis [40]).

Lastrelevante Modifizierungen am Anlagendesign, inklusive des Steuerungs- und Sicherheitssystems, können nachträgliche Berechnungen erfordern.

5.1 Extremlasten

Die Extremlasten für den Nachweis der Blattspitze können Dokument [1.5] entnommen werden.

Die Extremlasten für den Nachweis der maschinenbaulichen Komponenten für den Generatortyp “GT“ können Dokument [2.23] bis [2.25] entnommen werden.

Die Extremlasten für den Nachweis der maschinenbaulichen Komponenten für den Generatortyp “HP++“ können den Dokumenten [3.42] und [3.54] bis [3.77] entnommen werden. Die hierbei enthaltenen Lasten für die Rotorblattwurzel und den Turmkopf aus Dokument [3.74] sind abdeckend für die Generatorvarianten HP++ und GT.

Die Extremlasten für den Nachweis der Rotorblätter können den Dokumenten [5.1] und [5.2] entnommen werden.

Die Extremlasten für den Nachweis der Arretiervorrichtungen unter Wartungs-, Reparatur und Einzelblattmontage-Bedingungen können den Dokumenten [3.78], [3.79] und [6] entnommen werden.

Die Teilsicherheitsbeiwerte γ_F für die aerodynamischen Funktions-, Massen- und Trägheitskräfte sind in den Ergebnissen für alle berechneten Lasten enthalten. Die Werte entsprechen den

Anforderungen der Grundlagen der Evaluierung und sind zusammen mit den Extremlastfällen angegeben.

Bei transienten Lastfällen mit variablem initialen Azimutwinkel wurden die charakteristischen Lastgrößen als Mittelwert der Maximalwerte aller berücksichtigen initialen Azimutpositionen berechnet.

Lasterhöhungen aufgrund der Elastizität der Anlage sind durch die dynamische Analyse berücksichtigt.

Die maximal auftretenden Blattdurchbiegungen unter Extrembedingungen sind in Dokument [3.74] aufgeführt.

In der Simulation wurden die Wartungs- und Reparaturzustände gemäß dem Anhang und Dokument [30] angesetzt.

Für den DLC 8.1 wurde ein Last-Teilsicherheitsbeiwert von γ_F = 1,35 angenommen.

5.2 Betriebsfestigkeitslasten

Die Betriebsfestigkeitslasten für den Nachweis der Blattspitze können den Dokumenten [1.1] bis [1.4] entnommen werden.

Die Betriebsfestigkeitslasten für den Nachweis der maschinenbaulichen Komponenten für den Generatortyp “GT“ können den Dokumenten [2.1] bis [2.22] entnommen werden.

Die Betriebsfestigkeitslasten für den Nachweis der maschinenbaulichen Komponenten für den Generatortyp “HP++“ können den Dokumenten [3.1] bis [3.41] und [3.43] bis [3.53] entnommen werden. Die Lasten für die Rotorblattwurzel und den Turmkopf aus den Dokumenten [3.6] bis [3.10], [3.25] bis [3.27] und [3.50] bis [3.53] sind abdeckend für die Generatorvarianten HP++ und GT.

Die Betriebsfestigkeitslasten für den Nachweis der Rotorblätter können den Dokumenten [5.3] bis [5.5] entnommen werden.

Eislasten auf den Rotorblättern wurden während der Produktion nicht berücksichtigt, da diese Bedingungen vom Steuerungssystem erkannt werden und die Windkraftanlage in den Trudelbetrieb schaltet (siehe Dokument [28]).

5.3 Lastvergleich: Rotorblatt E-175 EP5-RB-01 A2.1kCAD-S12.1

Im Lastvergleich [7] wurden die Extremlasten und Betriebsfestigkeitslasten, abgeleitet aus [35] und [39] für die Maschinenkomponenten mit den Auslegungslasten [3] verglichen. Die neuen Lastannahmen im Lastvergleich [7] basieren auf dem neuen Rotorblatttypen *E-175 EP5-RB-01 A2.1kCAD-S12.1*. Ein Vergleich der Blätter ist in Tabelle 4 dargestellt.

Ein Vergleich der Extrem- und Betriebsfestigkeitslasten mit den Auslegungslasten zeigt keine bemessungsrelevanten Erhöhungen.

	Blatt A2.1 S6.5 (alt)	Blatt A2.1kCAD S12.1 (neu)	Differenz
Blattmasse	26671 kg	27265 kg	+2,2 %
1. statisches Moment	660740 kgm	680890 kgm	+3,1 %
1. Biegefrequenz in Schlagrichtung	0,461 Hz	0,456 Hz	-1,2 %
1. Biegefrequenz in Schwenkrichtung	0,712 Hz	0,699 Hz	-1,9 %

Tabelle 4: Vergleich der Blatteigenschaften

Weiterhin wurden für die Türme E-175 EP5-HT-162-ES-C-01 und E-175 EP5-ST-112-FB-C-01, die Extremlasten und Betriebsfestigkeitslasten, abgeleitet aus [35] und [39] mit den Auslegungslasten [41] und [42] verglichen. Die referenzierten Betriebsfestigkeitslasten des Turms E-175 EP5-HT-162-ES-C-01 im Lastvergleich [7] weichen geringfügig von den Designlasten [41] wegen einer angepassten Auswertungsmethode ab. Die Referenzwerte sind niedriger als die ursprünglichen Designlasten und sind als Vergleichsbasis geeignet.

Ein Vergleich der Extrem- und Betriebsfestigkeitslasten mit den Auslegungslasten zeigt keine bemessungsrelevanten Erhöhungen. Folglich zeigt der Lastvergleich, dass das neue Rotorblatt *E-175 EP5-RB-01 A2.1kCAD-S12.1* keinen Einfluss auf die Turmlasten hat.

5.4 Lastvergleich: Aktualisierung der Einzelblattmontage

Die Strategie zur Einzelblattmontage wurde von ENERCON aktualisiert, wobei die einzelnen Installationsschritte in [31] und [32] definiert sind.

Im Lastvergleich [8] wurden die Extremlasten für die Rotorverriegelung unter Berücksichtigung der aktualisierten Strategie zur Einzelblattmontage mit den Designlasten [6] verglichen. Der Vergleich der Extremlasten mit den Designlasten zeigt keine bemessungsrelevanten Lasterhöhungen. Die Designlasten [6] bleiben weiterhin gültig.

5.5 Lastvergleich: Aktualisierung der Wartung und Service Bedingungen

Die Wartungs- und Service-Strategie wurde von ENERCON aktualisiert, wobei die einzelnen Bedingungen in [33] definiert sind.
Im Lastvergleich [9] wurden die Extremlasten unter Berücksichtigung der aktualisierten Wartungs- und Service-Strategie mit den Auslegungslasten [3] verglichen. Der Vergleich der Extremlasten mit den Auslegungslasten zeigt keine für die Dimensionierung relevanten Lasterhöhungen. Die Auslegungslasten [3] bleiben gültig.

6 Gutachtliche Stellungnahme

Die zur Evaluierung der Konstruktion der Lastannahmen, vorgelegten Dokumente für die Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E1, entsprechen den Anforderungen der in Kapitel 2.1 angegebenen Zertifizierungsschemas und Standards sowie der Konstruktionsbasis [11], sofern die nachstehenden Bedingungen erfüllt sind.

Die Prüfunterlagen, aufgelistet in Kapitel 1.1 , können den Festigkeitsnachweisen von maschinenbaulichen Komponenten und Rotorblättern an Standorten mit Umgebungsbedingungen gemäß Kapitel 3.2 zugrunde gelegt werden.

Auflagen

1. Wartungsarbeiten sind nur bis zu Windgeschwindigkeiten, wie in Anhang angegeben, zulässig.
2. Die 1. Biegeeigenfrequenzen des Turms dürfen nicht mehr als ±5% von den in Kapitel 3.3 angegebenen Werten abweichen.
3. Während der Wartungslastfälle für „Kamera- und Drohneninspektion“ gemäß Tabelle 5 dürfen sich Personen nur im Turmfuß aufhalten. Keine Person darf den Aufzug oder den Turm betreten.

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Abteilung Windenergieanlagen

Bewertung

A. Dürbaum

Evaluierung

Dr.-Ing. P. Prokopczuk

Anhang: Berücksichtigte Wartungszustände

Beschreibung	Zulässige Windgeschwindigkeit	Rotorlock (ja/nein)	Windrichtung	Rotor Azimut Winkel	Pitchwinkel Blatt 1	Pitchwinkel Blatt 2	Pitchwinkel Blatt 3
Pitch und Yaw Fehler	13 m/s[2]	nein	102° - 118°	0° - 360°	0° - 90°	80°	120°
Pitch und Yaw Fehler	13 m/s[2]	nein	102° - 118°	0° - 360°	45°	0° - 90°	120°
Pitch und Yaw Fehler	13 m/s[2]	nein	102° - 118°	0° - 360°	45°	80°	0° - 90°
Blatt 2 in beliebiger Position mit abgeschaltetem Yaw-System	13 m/s[2]	ja	0° - 360°	0° - 360°	90°	0° - 90°	90°
Leerlauf mit abgeschaltetem Yaw System	20 m/s[2]	no	0° - 360°	0° - 360°	45°	80°	120°
Blatt Pitch fest	15 m/s[2]	ja	75° - 105°	0°, 90°, 180°, 270°	85°	85°	85°
Blatt 1 Pitch variabel	15 m/s[2]	ja	75° - 105°	90°, 180°, 270°	0° - 360°	85°	85°
Blatt 2 Pitch variabel	15 m/s[2]	ja	75° - 105°	180°	85°	0° - 90°	85°
Blatt 3 Pitch variabel	15 m/s[2]	ja	75° - 105°	180°	85°	85°	0° - 90°
0° Pitch auf 6 Uhr	10 m/s[2]	ja	0° - 360°	180°	0°	150°	-65°
90° Pitch auf 6 Uhr	8 m/s[2]	ja	0° - 360°	180°	90°	170°	-30°
Variabler Pitch auf 6 Uhr (Kamera- und Drohneninspektion)	8 m/s[3]	ja	0° - 360°	180°	0° - 360°	85°	85°
Blatt Pitch fest (Kamera- und Drohneninspektion)	8 m/s[3]	ja	0° - 360°	0° - 360°	85°	85°	85°
Yaw Fehler, Ematec getrennt	15 m/s[2]	nein	0° - 360°	0° - 360° (Rotor frei)	120°	80°	45°

Tabelle 5: Berücksichtigte Wartungszustände

[2] Gemäß DIN EN 61400-1:2019 Kap. 7.4.9 wurden für die Simulation eine um 5 m/s höhere Windgeschwindigkeit angesetzt.
[3] Zusätzliche 5 m/s wurden bei den Simulationen nicht berücksichtigt. Außer dem Turmfuß dürfen sich keine Personen auf der Turbine aufhalten, siehe Auflagen.

Anhang: Berücksichtigte Zustände Einzelblattinstallation

Beschreibung	Zulässige Windgeschwindigkeit[4]	Rotorlock (ja/nein)	Wind-richtung	Rotor Azimut Winkel	Pitchwinkel Blatt 1	Pitchwinkel Blatt 2	Pitchwinkel Blatt 3
Blattmontage	7 m/s	ja	0° - 360°	siehe [31] und [32]			
Bolzenverbindung	10 m/s	ja	0° - 360°	siehe [31] und [32]			
Bolzenanzug	15 m/s	ja	90° ± 15°	siehe [31] und [32]			
Pitch in sicherer Position in verriegeltem Zustand	10 m/s 15 m/s	ja	siehe [31] und [32]				
Rotorlock[5]	15 m/s	ja	siehe [31] und [32]	180°	92°	92°	92°
Rotorrotation[5]	15 m/s	nein	360° ± 8°	0° - 360°	92°	92°	92°

Tabelle 6: Berücksichtigte Zustände Einzelblattinstallation

[4] Gemäß DIN EN 61400-1:2019 Kap. 7.4.9 wurden für die Simulation eine um 5 m/s höhere Windgeschwindigkeit angesetzt.
[5] Der Pitchwinkel hängt von der Windgeschwindigkeit ab und kann aufgrund von minimaler Drehmomentnachführung leicht variieren.

WINDENERGIESYSTEME

Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.

Gutachtliche Stellungnahme

Datum: 2025-12-17

Bericht Nr.: **4254574-10-d-1 Rev. 0**

Objekt: **Evaluierung der Konstruktion - Lastannahmen**
Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E1
Rotorblatt E-175 EP5-RB-01
Nabenhöhe 162 m über Geländeoberkante
(Turm E-175 EP5-HST-162-FB-C-01)

für WEA-Klasse S und Windzone S

Hier:
Betriebsmodus OM-YO-12
Turm- und Fundamentlasten

Grundlage der Evaluierung: IECRE OD-501:2022
DIN EN 61400-22:2011
DIBt 2012

Auftraggeber: ENERCON Global GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Deutschland

Unsere Zeichen:
IS-ESW-MUC

Dokument:
4254574-10-d-1_rev0_Enercon_E-175_EP5_HST162-FB-01_LA_OM-YO-12_IECS_DIBtWZS.docx

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.

Revision	Datum	Änderungen
0	2025-12-17	Erstfassung

Inhaltsverzeichnis

1 Unterlagen 3
1.1 Evaluierte Unterlagen 3
1.2 Eingesehene Unterlagen 3
2 Grundlagen der Evaluierung 5
2.1 Angewendete Standards 5
2.2 Zusätzliche Standards 5
3 Beschreibung 6
3.1 Turbineneigenschaften 6
3.2 Umgebungsbedingungen 7
3.3 Eigenfrequenzen 7
4 Umfang der Evaluierung 8
5 Bemerkungen 8
5.1 Lastannahmen: Optimierter Betriebsmodus OM-YO-12 8
5.2 Lastvergleich: Optimierter Betriebsmodus OM-YO-12 8
6 Gutachtliche Stellungnahme 9
Auflagen 9

1 Unterlagen

1.1 Evaluierte Unterlagen

Folgende Dokumente wurden zur Evaluierung vorgelegt:

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[1]	Datenträgerdatei: “D03198269_0.0_E175-EP5-HST162-FB-C-01; Yield optimised mode OM-YO-12; Load comparisons.zip” MD5 Prüfsumme: 69ed6cb8f30f8e108d8841c1fa70c052 Die Prüfung umfasst die folgenden Dokumente:	ENERCON	D03198269 Rev.0	N/A
[1.1]	Datei "E175-EP5-HST162-FB-C-01_Tower_loads_comparison_OM-YO-12_vs_Design.xlsx", MD5 Prüfsumme: 8a4d6d6318c22ab4e2f155b0d7e5d342	ENERCON	N/A	N/A

1.2 Eingesehene Unterlagen

Folgende Dokumente wurden im Rahmen der Evaluierung zusätzlich herangezogen:

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[2]	Design Base E-175 EP5 E1 / E-175 EP5 E2	ENERCON	D02833990 Rev. 0.5	2024-10-17
[3]	Design Basis Evaluation Wind Turbine ENERCON E-175 EP5 E1 and E-175 EP5 E2 Hub Heights 112 m, 132 m, 140 m, 162 m, 175 m Rotor Blade Type E175 EP5-RB-01 for WT-class S	TÜV SÜD	3743008-1-e-0 rev. 3	2025-06-17
[4]	Datei: „D03104844_0.1_de-en_Calculation_E-175_EP5_E1-HST-162-FB-C-01; LL06 WCS_TCA_7.25_2.0; fatigue and ultimate loads; tower.xlsx“, MD5 Prüfsumme: b04f2db9176160f6a5c7bf720c7a5cc6 (included in “D03126533_0.0_LSET; LL06; E-175 EP5-HST-162-FB-C-01.zip“, MD5 Prüfsumme: f29314d180e7b2db0bd115f64022b44b)	ENERCON	D03104844 Rev. 0.1	N/A
[5]	Simulationsmodell: D03198270_0.0_SSET; LL06 OM-YO-12; E-175 EP5 -HST-162-FB-C-01\07_Zeitreihen_s2\1.2q_s2\1.2q_s2012303 \powprod.$PJ” MD5 Prüfsumme: 756aad6627a18a0dc5d92eda42bc670e	Enercon	N/A	N/A
[6]	Technische Beschreibung ENERCON Windenergieanlage E-175 EP5	Enercon	D02765171 Rev. 3.0	2023-06-20
[7]	Loads Report E-175 EP5 Fatigue- and ultimate loads as per IEC 61400-1 Ed. 4: 2019 and DIBt 2015”	Enercon	D02785544 Rev. 9.1	2025-10-30
[8]	Load simulation process	Enercon	D02785543 Rev. 0.1	2023-02-21
[9]	Reglerbeschreibung E-175 EP5	Enercon	D02784270 Rev. 4.5	2025-10-24
[10]	Technische Beschreibung Sturmregelung ENERCON Windenergieanlagen	Enercon	D0178786/14.0-de	2022-10-18

[11]	Technische Beschreibung Anhalteprozeduren ENERCON Windenergieanlage E-175 EP5 E1, E-175 EP5 E2	Enercon	D02872531/5.3-de	2025-06-12
[12]	Technical report Application and interpretation of the distributed turbulences method according to IEC 61400-1”	Enercon	D02385954 Rev. 0.4	2021-06-22
[13]	Technische Beschreibung ENERCON Eisansatzerkennung ENERCON Platform Independent Control System (PI-CS)	Enercon	D02531399 Rev. 1.0	2022-10-05
[14]	Template – OM-YO-12 Suitability of electrical components & Certification Aspects ENERCON E-175 EP5 E1 Operating mode OM-YO-12	Enercon	D03071177 Rev.0.0	2024-10-10
[15]	Datei “D02785091_3.0_de-en_Technical report_Load case description for E-175 EP5.zip”, MD5 Prüfsumme: 45bae8dede35795610fe47810e62c6b9	Enercon	D02785091 Rev. 3.0	N/A
[16]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion – Lastannahmen Windenergieanlage ENERCON E-175 EP E1 Rotorblatt E175 EP5-RB-01 162 m über Geländeoberkante (Turm E175 EP5-HST-162-FB-C-01) WEA Klasse S und Windzone S hier: Turm- und Fundamentlasten	TÜV SÜD	4144246-3-d-1 Rev. 0	2025-07-29
[17]	Regelungsdatei NG-Yaw Control: “ExternalLoads_c062ac7.dll” MD5 Prüfsumme: 0c4a3a05797e67555c954611626c942f	Enercon	N/A	N/A
[18]	Regelungsdatei “Regler.dll” MD5 Prüfsumme:3ff1b0592ddb071769e458200a0f9efa	Enercon	N/A	N/A
[19]	Regelungsparameter: EP5_E175__E-175_EP5_HST_162_FB_C_01__0.6.54.0__ Thrustlimited_OM1a__Flexmode_Flexmode1a_ _YOMO_12.Daten” MD5 Prüfsumme: 946120f4888f557b44e9c5f75104b98b	Enercon	N/A	N/A

2 Grundlagen der Evaluierung

2.1 Angewendete Standards

Die Evaluierung der Unterlagen erfolgte gemäß folgender Normen und Richtlinien:

Ref.	Nummer	Titel
/1/	IECRE OD-501:2022	Type and Component Certification Scheme
/2/	IECRE OD-501-4:2017	Conformity Assessment and Certification of Loads by RECB's
/3/	DIN EN 61400-22:2011	Windenergieanlagen - Teil 22: Konformitätsprüfung und Zertifizierung
/4/	DIN EN IEC 61400-1:2019	Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen
/5/	DIBt 2012	Richtlinie für Windenergieanlagen, korrigierte Version 2015

2.2 Zusätzliche Standards

Zur Evaluierung wurden zusätzlich folgende Normen und Richtlinien herangezogen:

/6/	Bestätigungsschreiben vom DKE/AK 383.0.1 zur Verwendung in der DIBt Richtlinie 2015 mit DIN EN IEC 61400-1:2019

3 Beschreibung

In den vorgelegten Lastannahmen [1.1] wurden die Betriebsfestigkeits- und Extremlasten der Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E1 mit 162 m Nabenhöhe über Geländeoberkante für den Betriebsmodus OM-YO-12 gemäß der Grundlagen der Evaluierung für Umgebungsbedingungen gemäß Kapitel 3.2 berechnet.

Die Simulationen wurden sowohl mit starrer als auch mit elastischer Einspannung durchgeführt.

3.1 Turbineneigenschaften

Rotorblatttyp	E-175 EP5-RB-01
Rotordurchmesser	175 m
Blattmasse je Blatt	27265 kg
1. statisches Moment je Blatt (bezogen auf Blattwurzel)	680890 kgm
Massenunwucht des Rotors (bezogen auf Nabenmitte)	1000 kgm
Nennleistung	6380 kW
Rotordrehzahlbereich	3,05 - 10,47 rpm
Rotornenndrehzahl	9,10 rpm
Triebstrangtyp	direktgetrieben
Nabenhöhe über Geländeoberkante	162 m
Turmtyp	Hybridstahlturm E175 EP5-HST-162-FB-C-01
Konuswinkel	-5.0°
Rotorachsneigung	6.0°
Nennwindgeschwindigkeit, V_r (1 Sekunden Mittelwert)	11,1 m/s
Einschaltwindgeschwindigkeit, V_{in} (10 Minuten Mittelwert)	2,5 m/s
Abschaltwindgeschwindigkeit, V_{out} (10 Minuten Mittelwert)[1]	25 m/s

Tabelle 1: Turbineneigenschaften - (Betriebsmodus OM-YO-12)

[1] Für Windgeschwindigkeiten zwischen 21 m/s und 25 m/s wird die Leistung schrittweise reduziert.

3.2 Umgebungsbedingungen

	IEC / DIBt
Bezugswindgeschwindigkeit V_{ref} (10 min Mittelwert)	42,5 m/s
Extremer Jahres Wind V_1 (10 min Mittelwert)	34,0 m/s
Turbulenzintensität bei Extremwind	11 %
Höhenexponent (alpha) bei Extremwind	0,11
Turbulenzkategorie (NTM)	A
Turbulenzkategorie (ETM)	IIA
Höhenexponent (alpha) im Betrieb	0,2
Weibull Form Faktor	2,0
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit V_{ave}	6,9 m/s
Anströmung von unten	8°
Luftdichte	1,225 kg/m³
Entwurfslebensdauer	25 Jahre

Tabelle 2: Umgebungsbedingungen

3.3 Eigenfrequenzen

Turm – elastische Einspannung (1.6E+11 Nm/rad)	Frequenz	Limits (± 5 %)
1. Biegefrequenz (in Rotorachsrichtung)	0.173 Hz	0.164 Hz bis 0.181 Hz
2. Biegefrequenz (in Rotorachsrichtung)	0.872 Hz	0.828 Hz bis 0.915 Hz
1. Biegefrequenz (quer zur Rotorachsrichtung)	0.171 Hz	0.162 Hz bis 0.179 Hz
2. Biegefrequenz (quer zur Rotorachsrichtung)	0.788 Hz	0.749 Hz bis 0.828 Hz
Turm – starre Einspannung		
1. Biegefrequenz (in Rotorachsrichtung)	0.181 Hz	0.172 Hz bis 0.190 Hz
2. Biegefrequenz (in Rotorachsrichtung)	0.946 Hz	0.899 Hz bis 0.994 Hz
1. Biegefrequenz (quer zur Rotorachsrichtung)	0.179 Hz	0.170 Hz bis 0.188 Hz
2. Biegefrequenz (quer zur Rotorachsrichtung)	0.843 Hz	0.801 Hz bis 0.885 Hz
Blatt		
1. Biegefrequenz in Schlagrichtung	0.456 Hz	0.433 Hz bis 0.479 Hz
2. Biegefrequenz in Schlagrichtung	1.122 Hz	1.066 Hz bis 1.178 Hz
1. Biegefrequenz in Schwenkrichtung	0.699 Hz	0.664 Hz bis 0.734 Hz
2. Biegefrequenz in Schwenkrichtung	1.972 Hz	1.873 Hz bis 2.070 Hz

Tabelle 3: Eigenfrequenzen von Turm und Blatt

4 Umfang der Evaluierung

Die vorgelegten Lastannahmen und Lastvergleiche [1.1] wurden auf Vollständigkeit und Richtigkeit gemäß den Anforderungen der Grundlagen der Evaluierung in Kapitel 0 evaluiert.

Die Eingangsgrößen des Simulationsmodells (enthalten in Dokument [5]) wurden auf Plausibilität evaluiert.

5 Bemerkungen

Die vom Hersteller angegebenen Eingangsgrößen für das Simulationsmodell wurden als richtig vorausgesetzt (enthalten in Dokument [5]).

Lastrelevante Modifizierungen am Anlagendesign, inklusive des Steuerungs- und Sicherheitssystems, können nachträgliche Berechnungen erfordern.

Potenzielle Lasterhöhungen aufgrund von Resonanzeffekten wurden im Rahmen der aeroelastischen Lastsimulation berücksichtigt.

Die Lastannahmen und Lastvergleiche [1.1] berücksichtigen nur Lastfälle im Anlagenbetrieb, um den Einfluss des optimierten Betriebsmodus OM-YO-12 zu untersuchen. Lasten aus Stillstand oder Leerlauf wurden nicht berechnet und sind nicht Bestandteil dieser Prüfung.

5.1 Lastannahmen: Optimierter Betriebsmodus OM-YO-12

Die Extrem- und Ermüdungslasten für den Turm und das Fundament können Dokument [1.1] mit dem Betriebsmodus OM-YO-12 entnommen werden.

5.2 Lastvergleich: Optimierter Betriebsmodus OM-YO-12

Im Lastvergleich [1.1] wurden die Extremlasten und Betriebsfestigkeitslasten für den Turm und das Fundament aus [4] (Auslegungslasten) mit Lasten für einen Anlagenbetrieb mit einer Nennleistung 6380 kW (OM-YO-12) mit der Turmvariante E-175 EP5-HST-162-FB-C-01 verglichen.

Ein Vergleich der Extrem- und Betriebsfestigkeitslasten mit den Auslegungslasten zeigt keine bemessungsrelevanten Erhöhungen.

6 Gutachtliche Stellungnahme

Die zur Evaluierung der Konstruktion der Lastannahmen, vorgelegten Dokumente für die Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E1, entsprechen den Anforderungen der in Kapitel 2.1 angegebenen Zertifizierungsschemas und Standards sowie der Konstruktionsbasis [2], sofern die nachstehenden Bedingungen erfüllt sind.

Die Prüfunterlagen, aufgelistet in Kapitel 1.1 , weisen keine Lastüberschreitungen verglichen mit den Auslegungslasten [4] auf. Folglich bleiben die Auslegungslasten [4] gültig und können den Festigkeitsnachweisen für den Turm und das Fundament an Standorten mit Umgebungsbedingungen gemäß Kapitel 3.2 mit dem Betriebsmodus OM-YO-12 zugrunde gelegt werden.

Auflagen

1. Die Auflagen aus Bericht [16] sind zu beachten.

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Windenergiesysteme

Bewertung

J. Stauber

Evaluierung

A. Dürbaum

WINDENERGIE SYSTEME

Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.

Gutachtliche Stellungnahme

Datum: 2025-07-29

Bericht Nr.: **4144246-4-d-1 Rev. 0**

Objekt: **Evaluierung der Konstruktion - Lastannahmen**
Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E2
Rotorblatt E175 EP5-RB-01
Nabenhöhe 162 m über Geländeoberkante
(Turm E175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01)

WEA-Klasse S und Windzone S

hier: Turm- und Fundamentlasten

Grundlage der Evaluierung: IECRE OD-501:2022,
DIN EN 61400-22:2011 und DIBt 2012

Auftraggeber:
ENERCON Global GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

Unsere Zeichen:
IS-ESW-MUC

Dokument:
4144246-4-d-1_Rev0_Enercon_E-175_EP5_E2_162mHH_HST162_LA_IECS_DIBtWZS.docx

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.

Revision	Datum	Änderungen
0	2025-07-29	Erstfassung

Inhaltsverzeichnis

1 Unterlagen 3
1.1 Evaluierte Unterlagen 3
1.2 Eingesehene Unterlagen 3
2 Grundlagen der Evaluierung 5
2.1 Angewendete Standards 5
2.2 Zusätzliche Standards 5
3 Beschreibung 6
3.1 Turbineneigenschaften 6
3.2 Umgebungsbedingungen 7
3.3 Evaluierte Varianten 7
3.4 Eigenfrequenzen 7
4 Umfang der Evaluierung 8
5 Bemerkungen 8
5.1 Extremlasten 8
5.2 Betriebsfestigkeitslasten 9
5.3 Lastvergleich 9
6 Gutachtliche Stellungnahme 10
Auflagen 10
Anhang: Berücksichtigte Wartungszustände 11
Anhang: Berücksichtigte Zustände Einzelblattinstallation 12

1 Unterlagen

1.1 Evaluierte Unterlagen

Folgende Dokumente wurden zur Evaluierung vorgelegt:

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[1]	Datenträgerdatei: “D03104175_0.2_de-en_Calculation_E-175_EP5_E2-HST-162-FB-C-01; LL04 WCS_TCA_7.25_2.0; fatigue and ultimate loads; tower.xlsx“ MD5 Prüfsumme: 1bcf9fefda097e555f384f3aab14d294 (enthalten in “D03126185_0.0_LSET; LL04; E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01.zip“, MD5 Prüfsumme: 1c9156dbab88dbef1cd6d3055fd8bec3)	ENERCON	D03104175 Rev. 0.2	N/A
[2]	Datenträgerdatei “E-175_EP5_HST-162-FB-C-01; Load comparison LL06 E1 with LL04 E2 loads.xlsx” MD5 Prüfsumme:10650d0c56b2b1df4bb7b6bafb804863 (enthalten in “D03126661_0.0_de-en_Calculation_E-175_EP5_HST-162-FB-C-01; Load comparison LL06 E1 with LL04 E2 loads.zip”, MD5 Prüfsumme: bc1a5ef168ccdf1ae63810c9857314a1)	ENERCON	N/A	N/A

1.2 Eingesehene Unterlagen

Folgende Dokumente wurden im Rahmen der Evaluierung zusätzlich herangezogen:

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[3]	Design Base E-175 EP5 / E-175 EP5 E2	ENERCON	D02833990 Rev. 0.5	2024-10-17
[4]	Evaluation Report Design Basis Evaluation Wind Turbine ENERCON E-175 EP5 Hub Heights 112 m, 132 m, 140 m, 162 m, 175 m Rotor Blade Type E-175 EP5-RB-01 for WT-class S	TÜV SÜD	3743008-1-e-0 Rev. 3	2025-06-04
[5]	Technische Beschreibung ENERCON Windenergieanlage E-175 EP5 E2	ENERCON	D02886524 Rev. 3.1	2025-05-13
[6]	Loads Report E-175 EP5 E2 Fatigue- and ultimate loads as per IEC 61400-1 Ed. 4: 2019 and DIBt 2015	ENERCON	D03054964 Rev. 1.1	2025-03-19
[7]	Load simulation process	ENERCON	D02785543 Rev. 0.1	2023-02-21
[8]	Reglerbeschreibung E-175 EP5 E2	ENERCON	D03035424 Rev. 0.2	2025-03-14
[9]	Sturmregelung ENERCON Windenergieanlagen	ENERCON	D0178786 Rev. 14.0-de	2022-10-18
[10]	Technische Beschreibung Anhalteprozeduren E-175 EP5 E1, E-175 EP5 E2	ENERCON	D02872531 Rev. 5.3-de	2025-06-12
[11]	Anforderungsspezifikation RS0000011-SafetyRS EP-SCS-03	ENERCON	D02254818 Rev.8.1	2024-10-02

[12]	Technical Specification EP-SCS-03 Concept SF217 Pitch Rate Diagnosis Forecast	ENERCON	D03145056 Rev. 2.1-en	2025-06-03
[13]	Application and interpretation of the distributed turbulences method	ENERCON	D02385954 Rev. 0.4	2021-06-22
[14]	Technische Beschreibung ENERCON Eisansatzerkennung ENERCON Platform Independent Control System (PI-CS)	ENERCON	D02531399 Rev. 1.0-de	2022-10-05
[15]	Datei “D03012493_1.1_Technical report_Load case description for E-175 EP5 E2.xlsx.zip” MD5 checksum: 07d7747d3f5e5f417ce6b818a37d22d5	ENERCON	D03012493 Rev. 1.1	2024-11-26
[16]	Datei “D03126656_0.0_de-en_Technical description_Loadcase definitions_Maintenance_and_Service.zip” MD5 Prüfsumme: d64250085405eb5f2afb91e64fabf051	ENERCON	D03126656 Rev. 0.0	N/A
[17]	Datei: “D03108295_0.0_de-en_Technical description_E175 EP5 E1_E2; Loadcase definition; Single blade Assembly.zip” MD5 Prüfsumme: 8e8d06668df2f5cdfba56fdb0ea9ce0d	ENERCON	D03108295 Rev. 0.0	N/A
[18]	E-175 EP5 Single Blade Mounting	Enercon	D03062352 Rev.2.0	2025-01-20
[19]	Simulationsmodell Datei “D03126022_0.0_SSET; LL04; E-175_EP5_E2-HST-162-FB-C-01\07_Zeitreihen\1.2c\1.2c_s20103\ powprod.$PJ” MD5 Prüfsumme: b0d05c6fc4a66cce4c5e5f4f9e46f886	ENERCON	N/A	N/A
[20]	Regelungsdatei “Regler.dll” MD5 Prüfsumme: 107b20175828c6d6d98cde2c6d88a07a	ENERCON	N/A	N/A
[21]	Regelungsparameter “EP5_E175_E2__E-175_EP5_E2_HST_162_FB_C_01__0.6.45.0.Daten” MD5 Prüfsumme: 72390450e7d4acadeb7dd31433809567	ENERCON	N/A	N/A

2 Grundlagen der Evaluierung

2.1 Angewendete Standards

Die Evaluierung der Unterlagen erfolgte gemäß folgender Normen und Richtlinien:

Ref.	Nummer	Titel
/1/	IECRE OD-501:2022	Type and Component Certification Scheme
/2/	IECRE OD-501-4:2017	Conformity Assessment and Certification of Loads by RECB's
/3/	DIN EN 61400-22:2011	Windenergieanlagen - Teil 22: Konformitätsprüfung und Zertifizierung
/4/	DIN EN IEC 61400-1:2019	Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen
/5/	DIBt 2012	Richtlinie für Windenergieanlagen, korrigierte Version 2015

2.2 Zusätzliche Standards

Zur Evaluierung wurden zusätzlich folgende Normen und Richtlinien herangezogen:

Ref.	Nummer	Titel
/6/		Bestätigungsschreiben vom DKE/AK 383.0.1 zur Verwendung in der DIBt Richtlinie 2015 mit DIN EN IEC 61400-1:2019

3 Beschreibung

In den vorgelegten Lastannahmen [1] wurden die Betriebsfestigkeits- und Extremlasten der Windenergieanlagen ENERCON E-175 EP5 E2 mit 162 m Nabenhöhe über Geländeoberkante gemäß der Grundlagen der Evaluierung für Umgebungsbedingungen gemäß Kapitel 3.2 berechnet.

Die Simulationen wurden sowohl mit starrer als auch mit weicher Einspannung durchgeführt.

3.1 Turbineneigenschaften

Rotorblatttyp	E175 EP5-RB-01
Rotordurchmesser	175 m
Blattmasse je Blatt	27265 kg
1. statisches Moment je Blatt (bezogen auf Blattwurzel)	680890 kgm
Massenunwucht des Rotors (bezogen auf Nabenmitte)	1000 kgm
Nennleistung	7000 kW
Rotordrehzahlbereich	3,06 - 11,25 rpm
Rotornenndrehzahl	9,0 rpm
Triebstrangtyp	Direktgetrieben
Nabenhöhe über Geländeoberkante	162 m
Turmtyp	Hybridstahlturm E175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01
Konuswinkel	-5,0°
Rotorachsneigung	6,0°
Nennwindgeschwindigkeit, V_r (1 Sekunden Mittelwert)	11,6 m/s
Einschaltwindgeschwindigkeit, V_{in} (10 Minuten Mittelwert)	2,5 m/s
Abschaltwindgeschwindigkeit, V_{out} (10 Minuten Mittelwert)	25 m/s

Tabelle 1: Turbineneigenschaften

3.2 Umgebungsbedingungen

	IEC / DIBt
Extremer 50 Jahres Wind V_{ref} (10 min Mittelwert)	40,27 m/s
Extremer Jahres Wind V_1 (10 min Mittelwert)	34,0 m/s
Turbulenzintensität bei Extremwind	11,1%
Höhenexponent bei Extremwind	0,121
Turbulenzkategorie	A
Höhenexponent im Betrieb	0,2 und 0,3
Weibull Form Faktor	2,0
Jährliche mittlere Windgeschwindigkeit	7,25 m/s
Anströmung von unten	8°
Luftdichte	1,225 kg/m³
Lebensdauer	25 Jahre

Tabelle 2: Umgebungsbedingungen

3.3 Evaluierte Varianten

Nennleistung [kW]	NTM Turbulenzkategorie	Lebensdauer [Jahre]	ETM Turbulenzkategorie
7000	A	25	A

Tabelle 3: evaluierte Varianten

3.4 Eigenfrequenzen

Turm – elastische Einspannung (1,6E+11 Nm/rad)	Frequenz	Limits (± 5 %)
1. Biegefrequenz (in Rotorachsrichtung)	0.168 Hz	0.160 Hz bis 0.177 Hz
2. Biegefrequenz (in Rotorachsrichtung)	0.870 Hz	0.827 Hz bis 0.914 Hz
1. Biegefrequenz (quer zur Rotorachsrichtung)	0.166 Hz	0.158 Hz bis 0.175 Hz
2. Biegefrequenz (quer zur Rotorachsrichtung)	0.786 Hz	0.747 Hz bis 0.826 Hz
Turm – starre Einspannung		
1. Biegefrequenz (in Rotorachsrichtung)	0.175 Hz	0.166 Hz bis 0.183 Hz
2. Biegefrequenz (in Rotorachsrichtung)	0.943 Hz	0.896 Hz bis 0.990 Hz
1. Biegefrequenz (quer zur Rotorachsrichtung)	0.174 Hz	0.165 Hz bis 0.182 Hz
2. Biegefrequenz (quer zur Rotorachsrichtung)	0.840 Hz	0.798 Hz bis 0.882 Hz

Blatt		
1. Biegefrequenz in Schlagrichtung	0.456 Hz	0.433 Hz bis 0.479 Hz
2. Biegefrequenz in Schlagrichtung	1.122 Hz	1.066 Hz bis 1.178 Hz
1. Biegefrequenz in Schwenkrichtung	0.699 Hz	0.664 Hz bis 0.734 Hz
2. Biegefrequenz in Schwenkrichtung	1.972 Hz	1.873 Hz bis 2.070 Hz

Tabelle 4: Eigenfrequenzen von Turm und Blatt

4 Umfang der Evaluierung

Die vorgelegten Lastannahmen [1] und der Lastvergleich [2] wurden auf Vollständigkeit und Richtigkeit gemäß den Anforderungen der Grundlagen der Evaluierung in Kapitel 2 evaluiert.

Die Eingangsgrößen des Simulationsmodells (enthalten in Dokument [19]) wurden auf Plausibilität evaluiert.

Belastungen aus Transport und Errichtung wurden nicht untersucht, abgesehen von den in den Anhängen angegebenen Zuständen.

5 Bemerkungen

Die vom Hersteller angegebenen Eingangsgrößen für das Simulationsmodell wurden als richtig vorausgesetzt (enthalten in Dokument [19]).

Lastrelevante Modifizierungen am Anlagendesign, inklusive des Steuerungs- und Sicherheitssystems, können nachträgliche Berechnungen erfordern.

Potentielle Lasterhöhungen aufgrund von Resonanzeffekten wurden im Rahmen der aeroelastischen Lastsimulation berücksichtigt.

5.1 Extremlasten

Die Extremlasten für den Turm und das Fundament können Dokument [1] entnommen werden.

Die Teilsicherheitsbeiwerte γ_F für die aerodynamischen Funktions-, Massen- und Trägheitskräfte sind in den Ergebnissen für alle berechneten Lasten enthalten. Die Werte entsprechen den Anforderungen der Grundlagen der Evaluierung und sind zusammen mit den Extremlastfällen angegeben.

Bei transienten Lastfällen mit variablem initialen Azimutwinkel wurden die charakteristischen Lastgrößen als Mittelwert der Maximalwerte aller berücksichtigen initialen Azimutpositionen berechnet.

In der Simulation wurden die Wartungszustände gemäß der Anhänge angesetzt.

Für den DLC 8.1 wurde ein Last-Teilsicherheitsbeiwert von γ_F = 1,35 angenommen.

5.2 Betriebsfestigkeitslasten

Die Betriebsfestigkeitslasten wurden unter Verwendung von verteilten Turbulenzintensitäten gemäß /4/ berechnet. Details können Dokument [13] entnommen werden.

Die Betriebsfestigkeitslasten für den Turm und das Fundament können Dokument [1] entnommen werden.

Eislasten auf den Rotorblättern wurden während der Produktion nicht berücksichtigt, da diese Bedingungen vom Steuerungssystem erkannt werden und die Windkraftanlage in den Trudelbetrieb schaltet (siehe Dokument [14]).

5.3 Lastvergleich

Im Lastvergleich [2] wurden die Extremlasten und Betriebsfestigkeitslasten für den Turm für die Anlagenvarianten E175 EP5 E1 und E175 EP5 E2 verglichen.

6 Gutachtliche Stellungnahme

Die zur Evaluierung der Konstruktion der Lastannahmen, vorgelegten Dokumente für die Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E2, entsprechen den Anforderungen der in Kapitel 2.1 angegebenen Zertifizierungsschemas und Standards sowie der Konstruktionsbasis [3], sofern die nachstehenden Bedingungen erfüllt sind.

Die Prüfunterlagen, aufgelistet in Kapitel 1.1 , können den Festigkeitsnachweisen von Turm und Fundament an Standorten mit Umgebungsbedingungen gemäß Kapitel 3.2 zugrunde gelegt werden.

Auflagen

1. Wartungsarbeiten sind nur bis zu Windgeschwindigkeiten, wie in Anhang angegeben, zulässig.
2. Die 1. Biegeeigenfrequenzen des Turms / der Rotorblätter dürfen nicht mehr als ±5% von den in Kapitel 3.4 angegebenen Werten abweichen.
3. Während der Wartungslastfälle für „Kamera- und Drohneninspektion“ gemäß Tabelle 5 dürfen sich Personen nur im Turmfuß aufhalten. Keine Person darf über den Turmfuß hinaus aufsteigen.

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Abteilung Windenergieanlagen

Bewertung

A. Dürbaum

Evaluierung

Dr.-Ing. P. Prokopczuk

Anhang: Berücksichtigte Wartungszustände

Beschreibung	Zulässige Windgeschwindigkeit	Rotorlock (ja/nein)	Windrichtung	Rotor Azimut-winkel	Pitchwinkel Blatt 1	Pitchwinkel Blatt 2	Pitchwinkel Blatt 3
Pitch und Yaw Fehler	13 m/s[1]	nein	102° - 118°	0° - 360°	0° - 90°	80°	120°
Pitch und Yaw Fehler	13 m/s[1]	nein	102° - 118°	0° - 360°	45°	0° - 90°	120°
Pitch und Yaw Fehler	13 m/s[1]	nein	102° - 118°	0° - 360°	45°	80°	0° - 90°
Blatt 2 in beliebiger Position mit abgeschaltetem Yaw-System	13 m/s[1]	ja	0° - 360°	0° - 360°	90°	0° - 90°	90°
Leerlauf mit abgeschaltetem Yaw System	20 m/s[1]	nein	0° - 360°	0° - 360°	45°	80°	120°
Blatt Pitch fest	15 m/s[1]	ja	75° - 105°	0°, 90°, 180°, 270°	85°	85°	85°
Blatt 1 Pitch variabel	15 m/s[1]	ja	75° - 105°	90°, 180°, 270°	0° - 360°	85°	85°
Blatt 2 Pitch variabel	15 m/s[1]	ja	75° - 105°	180°	85°	0° - 90°	85°
Blatt 3 Pitch variabel	15 m/s[1]	ja	75° - 105°	180°	85°	85°	0° - 90°
0° Pitch auf 6 Uhr	10 m/s[1]	ja	0° - 360°	180°	0°	150°	-65°
90° Pitch auf 6 Uhr	8 m/s[1]	ja	0° - 360°	180°	90°	170°	-30°
Variabler Pitch auf 6 Uhr (Kamera- und Drohneninspektion)	8 m/s[2]	ja	0° - 360°	180°	0° - 360°	85°	85°
Blatt Pitch fest (Kamera- und Drohneninspektion)	8 m/s[2]	ja	0° - 360°	0° - 360°	85°	85°	85°
Yaw Fehler, Ematec getrennt	15 m/s[1]	nein	0° - 360°	0° - 360°	120°	80°	45°

Tabelle 5: Berücksichtigte Wartungszustände

[1] Gemäß DIN EN 61400-1:2019 Kap. 7.4.9 wurden für die Simulation eine um 5 m/s höhere Windgeschwindigkeit angesetzt.
[2] Zusätzliche 5 m/s wurden bei den Simulationen nicht berücksichtigt. Außer im Turmfuß dürfen sich keine Personen in der Turbine aufhalten, siehe Auflagen.

Anhang: Berücksichtigte Zustände Einzelblattinstallation

Beschreibung	Zulässige Windgeschwindigkeit[3]	Rotorlock (ja/nein)	Wind-richtung	Rotor Azimut-winkel	Pitchwinkel Blatt 1	Pitchwinkel Blatt 2	Pitchwinkel Blatt 3
Blattmontage	7 m/s	ja	0° - 360°	siehe [17] und[18]			
Bolzenverbindung	10 m/s	ja	0° - 360°	siehe [17] und [18]			
Bolzenanzug	15 m/s	ja	90° ± 15°	siehe [17] und[18]			
Pitch in sicherer Position in verriegeltem Zustand	10 m/s 15 m/s	ja	siehe [17] und [18]				
Rotorlock[4]	15 m/s	ja	siehe [17] und [18]	180°	92°	92°	92°
Rotorrotation[4]	15 m/s	nein	360° ± 8°	0° - 360°	92°	92°	92°

Tabelle 6: Berücksichtigte Zustände Einzelblattinstallation

[3] Gemäß DIN EN 61400-1:2019 Kap. 7.4.9 wurden für die Simulation eine um 5 m/s höhere Windgeschwindigkeit angesetzt.
[4] Der Pitchwinkel hängt von der Windgeschwindigkeit ab und kann aufgrund von minimaler Drehmomentnachführung leicht variieren.

WINDENERGIESYSTEME

Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.

Gutachtliche Stellungnahme

Datum: 2025-12-17

Bericht Nr.: **3821605-913-d-1 Rev. 1**

Objekt:
Evaluierung der Konstruktion - Lastannahmen
Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E1
Rotorblatt E-175 EP5-RB-01
Nabenhöhe 112 m, 132 m und 162 m über Geländeoberkante
(Türme
E-175 EP5-ST-112-FB-C-01,
E-175 EP5-HST-132-FB-C-01,
E-175 EP5-HT-162-ES-C-01,
E-175 EP5-HST-162-FB-C-01)

für WEA-Klasse S und Windzone S

Hier:
Betriebsmodus OM-YO-12
Maschinenbau- und Rotorblattlasten

Grundlage der Evaluierung:
IECRE OD-501:2022
DIN EN 61400-22:2011
DIBt 2012

Auftraggeber:
ENERCON Global GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Deutschland

Unsere Zeichen:
IS-ESW-MUC

Dokument:
3821605-913-d-1_rev1_Enercon_E-175E_EP5_LA_MB+RB_OM-YO-12_IECS_DIBtWZS.docx

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 tuvsud.com/impressum

Aufsichtsrat:
Walter Reithmaier (Vors.)
Geschäftsführung:
Simon Kellerer (Sprecher)
Thomas Kainz
Paula Pias Peleteiro

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Energie und Systeme
Windenergiesysteme
Westendstraße 199
80686 München
Deutschland
Telefon: +49 89 5791-3146

tuvsud.com/de-is
Tel. Zentrale: +49 89 5190-4001

TÜV®

Revision	Datum	Änderungen
0	2025-03-27	Erstfassung
1	2025-12-17	Turmvariante E-175 EP5-HST-162-FB-C-01 und zugehörige Dokumente / Dateien [2], [2.1], [2.2], [12], ,[26] und [30] hinzugefügt, neue Revisionen der Dokumente [4], [14], [16], [18], und [22], redaktionelle Änderungen, Designlastdokumente und Prüfberichte für Turmlasten entfernt

Notiz: Referenzangaben älterer Revisionen könnten sich geändert haben und könnten bei der aktuellen Revision nicht mehr zutreffen.

Inhaltsverzeichnis

1 Unterlagen 3
1.1 Evaluierte Unterlagen 3
1.2 Eingesehene Unterlagen 3
2 Grundlagen der Evaluierung 6
2.1 Angewendete Standards 6
2.2 Zusätzliche Standards 6
3 Beschreibung 7
3.1 Turbineneigenschaften 7
3.2 Umgebungsbedingungen 8
3.3 Eigenfrequenzen 9
4 Umfang der Evaluierung 9
5 Bemerkungen 9
5.1 Lastannahmen: Betriebsmodus OM-YO-12 9
5.2 Lastvergleich: Betriebsmodus OM-YO-12 9
6 Gutachtliche Stellungnahme 10
Auflagen 10

1 Unterlagen

1.1 Evaluierte Unterlagen

Folgende Dokumente wurden zur Evaluierung vorgelegt:

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[1]	Datenträgerdatei: “D03076337_0.1_E175 EP5; Yield optimised mode OM-YO-12; Load comparisons.zip” MD5 Prüfsumme: 9187f74a627bd0cca3fe61fb52089200 Die Prüfung umfasst die folgenden Dokumente:	Enercon	D03076337 Rev. 0.1	N/A
[1.1]	Datei "E175-EP5_Machine_loads_comparison_OM-YO-12_vs_Design.xlsx", MD5 Prüfsumme: 40aa83d3ea17fc039088f793576b29bd	Enercon	N/A	N/A
[1.2]	Datei "E175-EP5_Blade_loads_comparison_OM-YO-12_vs_Design.xlsx", MD5 Prüfsumme: 9f57afd18304ec058cb60e5db97af314	Enercon	N/A	N/A
[2]	Datenträgerdatei: “D03198269_0.0_E175-EP5-HST162-FB-C-01; Yield optimised mode OM-YO-12; Load comparisons.zip” MD5 Prüfsumme: 69ed6cb8f30f8e108d8841c1fa70c052 The evaluation comprises the following documents:	ENERCON	D03198269 Rev.0	N/A
[2.1]	Datei “E175-EP5_Machine_loads_comparison_OM-YO-12_vs_Design.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 7eda2cd8ef85c7c087270b532faabe6c	ENERCON	N/A	N/A
[2.2]	Datei “E175-EP5_Blade_loads_comparison_OM-YO-12_vs_Design.xlsx”, MD5 Prüfsumme: 50bec898a017b4478bda82479a28b6f6	ENERCON	N/A	N/A

1.2 Eingesehene Unterlagen

Folgende Dokumente wurden im Rahmen der Evaluierung zusätzlich herangezogen:

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[3]	Design Base E-175 EP5 E1 / E-175 EP5 E2	Enercon	D02833990 Rev. 0.5	2024-10-17
[4]	Evaluation Report Design Basis Evaluation Wind Turbine ENERCON E-175 EP5 E1 and E-175 EP5 E2 Hub Heights 112 m, 132 m, 140 m, 162 m, 175 m Rotor Blade Type E-175 EP5-RB-01 for WT-class S	TÜV SÜD	3743008-1-e-0 Rev. 3	2025-06-17
[5]	Datenträgerdatei: “D03019491_0.1_de-en_Calculation_E-175 EP5;LL6 WCII TCA 8.5-2; Blade loads.zip” MD5 Prüfsumme: c6ace23fd37acf6d8bada8f9815586c2	Enercon	D03019491 Rev. 0.1	N/A
[6]	Datenträgerdatei: “D02871960_0.0_E-175 EP5; LL03 SC WCII TCA 8.5-2; Blade tip loads.zip” MD5 Prüfsumme: cbc169422d23b9d3a5d9ab1b98f90003	Enercon	D02871960 Rev. 0.0	N/A

[7]	Datenträgerdatei: “D02832581_0.1_E175 EP5;LL03 SC; WCII TCA 8.5-2; Machine loads HP++.zip” MD5 Prüfsumme: 7411058568AE2F11BEA4DDAEE3D38242	Enercon	D02832581 Rev. 0.1	N/A
[8]	Datenträgerdatei: “D02866819_0.2_E175 EP5;LL03 SC;WCII TCA 8.5-2;Machine loads GT.zip” MD5 Prüfsumme: 85D4C6B015B8056081102200B0014086	Enercon	D02866819 Rev. 0.2	N/A
[9]	Simulationsmodell: D03075063_0.0-SSET; LL06 OM-YO-12; E-175 EP5 -ST-112-FB-C-01\07_Zeitreihen_s2\1.2q_s2\1.2q_s2021308 powprod.$PJ” MD5 Prüfsumme: 71accd0677dc5eed32cbe8b7077111b2	Enercon	N/A	N/A
[10]	Simulationsmodell: D03075064_0.0-SSET; LL06 OM-YO-12; E-175 EP5 -HST-132-FB-C-01\07_Zeitreihen_s2\1.2q_s2\1.2q_s2011318 powprod.$PJ” MD5 Prüfsumme: 8c32f4145be71f7610d2c575b4728ff4	Enercon	N/A	N/A
[11]	Simulationsmodell: D03080330_0.0- SSET; LL06 OM-YO-12; E-175 EP5 -HT-162-ES-C-01\07_Zeitreihen_s2\1.2q_s2\1.2q_s2011303 powprod.$PJ” MD5 Prüfsumme: fb531a9c009df46b4c5644cd232e1c8a	Enercon	N/A	N/A
[12]	Simulationsmodell: D03198270_0.0_SSET; LL06 OM-YO-12; E-175 EP5 -HST-162-FB-C-01\07_Zeitreihen_s2\1.2q_s2\1.2q_s2012303 \powprod.$PJ” MD5 Prüfsumme: 756aad6627a18a0dc5d92eda42bc670e	ENERCON	N/A	N/A
[13]	Technische Beschreibung ENERCON Windenergieanlage E-175 EP5	Enercon	D02765171 Rev. 3.0	2023-06-20
[14]	Loads Report E-175 EP5 Fatigue- and ultimate loads as per IEC 61400-1 Ed. 4: 2019 and DIBt 2015”	Enercon	D02785544 Rev. 9.1	2025-10-30
[15]	Load simulation process”	Enercon	D02785543 Rev. 0.1	2023-02-21
[16]	Reglerbeschreibung E-175 EP5	Enercon	D02784270 Rev. 4.5	2025-10-24
[17]	Technische Beschreibung Sturmregelung ENERCON Windenergieanlagen	Enercon	D0178786/14.0-de	2022-10-18
[18]	Technische Beschreibung Anhalteprozeduren ENERCON Windenergieanlage E-175 EP5 E1, E-175 EP5 E2	Enercon	D02872531/5.3-de	2025-06-12
[19]	Technical report Application and interpretation of the distributed turbulences method according to IEC 61400-1”	Enercon	D02385954 Rev. 0.4	2021-06-22
[20]	Technische Beschreibung ENERCON Eisansatzerkennung ENERCON Platform Independent Control System (PI-CS)	Enercon	D02531399 Rev. 1.0	2022-10-05

[21]	Template – OM-YO-12 Suitability of electrical components & Certification Aspects ENERCON E-175 EP5 E1 Operating mode OM-YO-12	Enercon	D03071177 Rev.0.0	2024-10-10
[22]	Datei “D02785091_3.0_de-en_Technical report_Load case description for E-175 EP5.zip”, MD5 Prüfsumme: 45bae8dede35795610fe47810e62c6b9	ENERCON	D02785091 Rev. 3.0	N/A
[23]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion – Lastannahmen Windenergieanlage ENERCON E-175 EP E1 Rotorblatt E175 EP5-RB-01 WEA Klasse S und Windzone S hier: Maschinenbau- und Rotorblattlasten	TÜV SÜD	3743008-9-d-1 Rev. 4	2025-07-29
[24]	Regelungsdatei: NG-Yaw Control “ExternalLoads_c062ac7.dll” MD5 Prüfsumme: 0c4a3a05797e67555c954611626c942f	Enercon	N/A	N/A
[25]	Regelungsdatei “Regler.dll” MD5 Prüfsumme: 68c798f54ddaaad16703b7c425addd34	Enercon	N/A	N/A
[26]	Regelungsdatei (EP5-HST-162-FB-C-01) “Regler.dll” MD5 Prüfsumme: 3ff1b0592ddb071769e458200a0f9efa	ENERCON	N/A	N/A
[27]	Regelungsparameter: E-175 EP5 ST-112-FB-C-01 OM-YO-12 “EP5_E175__E-175_EP5_ST_112_FB_C_01__0.6.35.1__YOMO_12__Thrustlimited_OM1a__Flexmode_Flexmode1a.Daten” MD5 Prüfsumme: 570c850d5952c3da78584534ae0ba377	Enercon	N/A	N/A
[28]	Regelungsparameter: E-175 EP5 -HST-132-FB-C-01 OM-YO-12 “EP5_E175__E-175_EP5_HST_132_FB_C_01__0.6.35.1__YOMO_12__Thrustlimited_OM1a__Flexmode_Flexmode1a.Daten” MD5 Prüfsumme: d7434481ba12bf13da4124e620c76bd9	Enercon	N/A	N/A
[29]	Regelungsparameter: E-175 EP5 HT-162-ES-C-01 OM-YO-12 “ EP5_E175__E-175_EP5_HT_162_ES_C_01__0.6.35.1__YOMO_12__Thrustlimited_OM1a__Flexmode_Flexmode1a.Daten” MD5 Prüfsumme: 1977abb13fbcbbe35373d03b4d66c506	Enercon	N/A	N/A
[30]	Regelungsparameter: EP5_E175__E-175_EP5_HST_162_FB_C_01__0.6.54.0__ Thrustlimited_OM1a__Flexmode_Flexmode1a_ _YOMO_12.Daten” MD5 Prüfsumme: 946120f4888f557b44e9c5f75104b98b	ENERCON	N/A	N/A

2 Grundlagen der Evaluierung

2.1 Angewendete Standards

Die Evaluierung der Unterlagen erfolgte gemäß folgender Normen und Richtlinien:

Ref.	Nummer	Titel
/1/	IECRE OD-501:2022	Type and Component Certification Scheme
/2/	IECRE OD-501-4:2017	Conformity Assessment and Certification of Loads by RECB's
/3/	DIN EN 61400-22:2011	Windenergieanlagen - Teil 22: Konformitätsprüfung und Zertifizierung
/4/	DIN EN IEC 61400-1:2019	Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen
/5/	DIBt 2012	Richtlinie für Windenergieanlagen, korrigierte Version 2015

2.2 Zusätzliche Standards

Zur Evaluierung wurden zusätzlich folgende Normen und Richtlinien herangezogen:

/6/	Bestätigungsschreiben vom DKE/AK 383.0.1 zur Verwendung in der DIBt Richtlinie 2015 mit DIN EN IEC 61400-1:2019

3 Beschreibung

In den vorgelegten Lastdokumenten [1.1], [1.2], [2.1] und [2.2] wurden die Betriebsfestigkeits- und Extremlasten der Windenergieanlagen ENERCON E-175 EP5 E1 mit 112 m, 132 m und 162 m Nabenhöhe über Geländeoberkante für den Betriebsmodus OM-YO-12 gemäß der Grundlagen der Evaluierung für Umgebungsbedingungen gemäß Kapitel 3.2 berechnet.

3.1 Turbineneigenschaften

Rotorblatttyp	E-175 EP5-RB-01
Rotordurchmesser	175 m
Blattmasse je Blatt	27265 kg
1. statisches Moment je Blatt (bezogen auf Blattwurzel)	680890 kgm
Massenunwucht des Rotors (bezogen auf Nabenmitte)	1000 kgm
Nennleistung	6380 kW
Rotordrehzahlbereich	3,05 – 10,47 rpm
Rotornenndrehzahl	9,10 rpm
Triebstrangtyp	direktgetrieben
Nabenhöhe über Geländeoberkante	112 m, 132 m und 162 m
Turmtyp	Stahlturm, Hybridstahlturm, Hybridturm
Konuswinkel	-5.0°
Rotorachsneigung	6.0°
Nennwindgeschwindigkeit, V_r (1 Sekunden Mittelwert)	11,2 m/s (ST112) 11,1 m/s (HST132, HT162 und HST162)
Einschaltwindgeschwindigkeit, V_{in} (10 Minuten Mittelwert)	2,5 m/s
Abschaltwindgeschwindigkeit, V_{out} (10 Minuten Mittelwert)[1]	25 m/s

Tabelle 1: Turbineneigenschaften – Betriebsmodus OM-YO-12

[1] Für Windgeschwindigkeiten zwischen 21 m/s und 25 m/s wird die Leistung schrittweise reduziert.

3.2 Umgebungsbedingungen

	IEC / DIBt	Turmvariante
Bezugswindgeschwindigkeit V_{ref} (10 min Mittelwert)	42,5 m/s	Alle
Extremer Jahres Wind V_1 (10 min Mittelwert)	34,0 m/s	Alle
Turbulenzintensität bei Extremwind	11,0 %	Alle
Höhenexponent (alpha) bei Extremwind	0,11	Alle
Turbulenzkategorie (NTM)	A	Alle
Turbulenzkategorie (ETM)	IIA	Alle
Höhenexponent (alpha) im Betrieb	0,1 / 0,2	E-175 EP5-ST-112-FB-C-01
	0,2	E-175 EP5-HST-132-FB-C-01 E-175 EP5-HT-162-ES-C-01 E-175 EP5-HST-162-FB-C-01
	0,2	E-175 EP5-HT-162-ES-C-01
Weibull Form Faktor k	2,0	Alle
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit V_{ave}	8,50 m/s	Alle
Anströmung von unten	8°	Alle
Luftdichte	1,225 kg/m³	Alle
Entwurfslebensdauer	25 Jahre	Alle

Tabelle 2: Umgebungsbedingungen

3.3 Eigenfrequenzen

Blatt		
1. Biegefrequenz in Schlagrichtung	0.456 Hz	0.433 Hz bis 0.479 Hz
2. Biegefrequenz in Schlagrichtung	1.122 Hz	1.066 Hz bis 1.178 Hz
1. Biegefrequenz in Schwenkrichtung	0.699 Hz	0.664 Hz bis 0.734 Hz
2. Biegefrequenz in Schwenkrichtung	1.972 Hz	1.873 Hz bis 2.070 Hz

Tabelle 3: Eigenfrequenzen von Blatt

Die Eigenfrequenzen der Türme können den jeweiligen Berichten zu den Turm- und Fundamentlasten entnommen werden.

4 Umfang der Evaluierung

Die vorgelegten Lastannahmen und Lastvergleiche [1.1], [1.2], [2.1] und [2.2] wurden auf Vollständigkeit und Richtigkeit gemäß den Anforderungen der Grundlagen der Evaluierung in Kapitel 2 evaluiert.

Die Eingangsgrößen des Simulationsmodells (enthalten in den Dateien [9] bis [12]) wurden auf Plausibilität evaluiert.

5 Bemerkungen

Die vom Hersteller angegebenen Eingangsgrößen für das Simulationsmodell wurden als richtig vorausgesetzt (enthalten in den Dateien [9] bis [12]).

Lastrelevante Modifizierungen am Anlagendesign, inklusive des Steuerungs- und Sicherheitssystems, können nachträgliche Berechnungen erfordern.

Potenzielle Lasterhöhungen aufgrund von Resonanzeffekten wurden im Rahmen der aeroelastischen Lastsimulation berücksichtigt.

Die Lastannahmen und Lastvergleiche [1.1], [1.2], [2.1] und [2.2] berücksichtigen nur Lastfälle im Anlagenbetrieb, um den Einfluss des Betriebsmodus OM-YO-12 zu untersuchen. Lasten aus Stillstand oder Leerlauf wurden nicht berechnet und sind nicht Bestandteil dieser Prüfung.

5.1 Lastannahmen: Betriebsmodus OM-YO-12

Die Extrem- und Betriebsfestigkeitslasten für die maschinenbaulichen Komponenten und die Rotorblätter mit dem Betriebsmodus OM-YO-12 können den Dokumenten [1.1], [1.2], [2.1] und [2.2] entnommen werden.

5.2 Lastvergleich: Betriebsmodus OM-YO-12

In den Lastvergleichen [1.1], [1.2], [2.1] und [2.2] wurden die Extremlasten und Betriebsfestigkeitslasten für das Rotorblatt und die Maschine aus [5] bis [8] (Auslegungslasten) mit Lasten für einen Anlagenbetrieb mit einer Nennleistung 6380 kW (OM-YO-12) mit den Turmvarianten E-175 EP5-ST-112-FB-C-01, E-175 EP5-HST-132-FB-C-01, E-175 EP5-HT-162-ES-C-01 und E-175 EP5-HST-162-FB-C-01 verglichen.

Der Vergleich der Extremlasten berücksichtigt die Nabenhöhen 112 m und 162 m (niedrigste und höchste Nabenhöhe)

Der Vergleich der Betriebsfestigkeitslasten berücksichtigt die Nabenhöhen 112 m, 132 m, und 162 m.

Ein Vergleich der Extrem- und Betriebsfestigkeitslasten mit den Auslegungslasten zeigt keine bemessungsrelevanten Erhöhungen.

6 Gutachtliche Stellungnahme

Die zur Evaluierung der Konstruktion der Lastannahmen, vorgelegten Dokumente für die Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E1, entsprechen den Anforderungen der in Kapitel 2.1 angegebenen Zertifizierungsschemas und Standards sowie der Konstruktionsbasis [3], sofern die nachstehenden Bedingungen erfüllt sind.

Die Prüfunterlagen, aufgelistet in Kapitel 1.1 , weisen keine Lastüberschreitungen verglichen mit den Auslegungslasten [5] bis [8] auf. Folglich bleiben die Auslegungslasten [5] bis [8] gültig und können den Festigkeitsnachweisen von maschinenbaulichen Komponenten und Rotorblättern an Standorten mit Umgebungsbedingungen gemäß Kapitel 3.2 mit dem Betriebsmodus OM-YO-12 zugrunde gelegt werden.

Auflagen

1. Die Auflagen aus Bericht [23] sind zu beachten.

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Windenergiesysteme

Bewertung

J. Stauber

Evaluierung

A. Dürbaum

WINDENERGIE SYSTEME

Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.

Gutachtliche Stellungnahme

Datum: 2025-07-29

Bericht Nr.: **4011309-17-d-1 Rev. 1**

Objekt: **Evaluierung der Konstruktion - Lastannahmen**
Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E2
Rotorblatt E175 EP5-RB-01
Nabenhöhe 112 m, 132 m, 162 m and 175 m über Geländeoberkante
(Türme:
E175 EP5 E2-HST-112-FB-C-01,
E175 EP5 E2-HST-132-FB-C-01,
E175 EP5 E2-HT-162-ES-C-01,
E175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01,
E175 EP5 E2-HT-175-ES-C-01)

WEA-Klasse S und Windzone S

hier: Maschinenbau- und Rotorblattlasten

Grundlage der Evaluierung: IECRE OD-501:2022,
DIN EN 61400-22:2011 und DIBt 2012

Auftraggeber: ENERCON Global GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

Unsere Zeichen:
IS-ESW-MUC

Dokument:
4011309-17-d-1_Rev1_Enercon_E-175_EP5_E2_LA_MA+RB_IECS_DIBtWZS.docx

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.

Revision	Datum	Änderungen
0	2025-06-26	Erstfassung
1	2025-07-29	Turm E175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01 hinzugefügt Dokumente [25] und [27] bis [31] hinzugefügt Tabelle 2 aktualisiert Redaktionelle Änderungen

Inhaltsverzeichnis

1 Unterlagen 3
1.1 Evaluierte Unterlagen 3
1.2 Eingesehene Unterlagen 3
2 Grundlagen der Evaluierung 6
2.1 Angewendete Standards 6
2.2 Zusätzliche Standards 6
3 Beschreibung 7
3.1 Turbineneigenschaften 7
3.2 Umgebungsbedingungen 8
3.3 Eigenfrequenzen 9
4 Umfang der Evaluierung 9
5 Bemerkungen 9
5.1 Extremlasten 9
5.2 Betriebsfestigkeitslasten 10
5.3 Lastvergleich 10
6 Gutachtliche Stellungnahme 11
Auflagen 11
Anhang: Berücksichtigte Wartungszustände 12
Anhang: Berücksichtigte Zustände Einzelblattinstallation 13

1 Unterlagen

1.1 Evaluierte Unterlagen

Folgende Dokumente wurden zur Evaluierung vorgelegt:

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[1]	Datenträgerdatei “D03046882_0.2_E-175 EP5 E2; LL04 WCS TCA 8.5-2; Blade loads.zip” MD5 Prüfsumme: 073411f91821fae42e6f40972bad0bb9	ENERCON	D03046882 Rev. 0.2	N/A
[2]	Datenträgerdatei “D02985043_2.0_de-en_Calculation_E-175 EP5 E2; LL03 WCII TCA 8.5-2; Machine loads.zip” MD5 Prüfsumme: c8cff93c8379a227fdd995f25a5d08b0	ENERCON	D02985043 Rev. 2.0	N/A
[3]	Datenträgerdatei “D03055008_0.0_de-en_Calculation_E175 EP5 E2; LL04; Machine loads comparison with LL03 Design loads.xlsx” MD5 Prüfsumme: 92caa3adcc7242021cb18457bb9d96f5	ENERCON	D03055008 Rev. 0.0	N/A

1.2 Eingesehene Unterlagen

Folgende Dokumente wurden im Rahmen der Evaluierung zusätzlich herangezogen:

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[4]	Design Base E-175 EP5 / E-175 EP5 E2	ENERCON	D02833990 Rev. 0.5	2024-10-17
[5]	Evaluation Report Design Basis Evaluation Wind Turbine ENERCON E-175 EP5 Hub Heights 112 m, 132 m, 140 m, 162 m, 175 m Rotor Blade Type E-175 EP5-RB-01 for WT-class S	TÜV SÜD	3743008-1-e-0 Rev. 3	2025-06-17
[6]	Technische Beschreibung ENERCON Windenergieanlage E-175 EP5 E2	ENERCON	D02886524 Rev. 3.1	2025-05-13
[7]	Loads Report E-175 EP5 E2 Fatigue- and ultimate loads as per IEC 61400-1 Ed. 4: 2019 and DIBt 2015	ENERCON	D03054964 Rev. 1.1	2025-03-19
[8]	Load simulation process	ENERCON	D02785543 Rev. 0.1	2023-02-21
[9]	Reglerbeschreibung E-175 EP5 E2	ENERCON	D03035424 Rev. 0.2	2025-03-14
[10]	Sturmregelung ENERCON Windenergieanlagen	ENERCON	D0178786 Rev. 14.0-de	2022-10-18
[11]	Technische Beschreibung Anhalteprozeduren E-175 EP5 E1, E-175 EP5 E2	ENERCON	D02872531 Rev. 5.3-de	2025-06-12
[12]	Anforderungsspezifikation RS0000011-SafetyRS EP-SCS-03	ENERCON	D02254818 Rev. 8.1	2024-10-02
[13]	Technical Specification EP-SCS-03 Concept SF217 Pitch Rate Diagnosis Forecast	ENERCON	D03145056 Rev.2.1-en	2025-06-03

[14]	Application and interpretation of the distributed turbulences method	ENERCON	D02385954 Rev. 0.4	2021-06-22
[15]	Technische Beschreibung ENERCON Eisansatzerkennung ENERCON Platform Independent Control System (PI-CS)	ENERCON	D02531399 Rev. 1.0-de	2022-10-05
[16]	Datei „D03012493_1.0_Technical report_Load case description for E-175 EP5 E2.zip” MD5 Prüfsumme: 10fa9c9a9fe6f5972e2c0ff4e19aa6fc	ENERCON	D03012493 Rev. 1.0	N/A
[17]	Datei: “D03126656_0.0_de-en_Technical description_Loadcase definitions_Maintenance_and_Service.zip” MD5 checksum: d64250085405eb5f2afb91e64fabf051	ENERCON	D03126656 Rev. 0.0	N/A
[18]	Datei: “D03108295_0.0_de-en_Technical description_E175 EP5 E1_E2; Loadcase definition; Single blade Assembly.zip” MD5 checksum: 8E8D06668DF2F5CDFBA56FDB0EA9CE0D	ENERCON	D03108295 Rev. 0.0	N/A
[19]	E-175 EP5 Single Blade Mounting	ENERCON	D03062352 Rev. 2.0	2025-01-20
[20]	Datei: “D03108420_0.0_de-en_Calculation_E175 EP5 E1_E2; Mx Hub loads comparison; single blade assembly.zip” MD5 Prüfsumme: A2477DF6D3AF11FD938B186C5C4B2BD1	Enercon	D03108420 Rev. 0.0	N/A
[21]	Data Carrier File. “D03126659_0.0_de-en_Calculation_E175 EP5 E1 and E2; Loads comparison Maintenance and Service DLCs.zip” MD5 checksum: 9abda0f695aaec89cf4c1d1767e999e4	ENERCON	D03126659 Rev. 0.0	N/A
[22]	Simulationsmodell Datei “D03054467_0.0_SSET; LL04; E-175 EP5 E2-HST-112-FB-C-01.zip\07_Zeitreihen_s2\1.2q_s2\1.2q_s2011314\ powprod.$PJ” MD5 Prüfsumme: 8d29c9784d8f06a3f180f938bec437bd	ENERCON	N/A	N/A
[23]	Simulationsmodell Datei “D03054403_0.0_SSET; LL04; E-175 EP5 E2-HST-132-FB-C-01.zip\07_Zeitreihen_s2\1.2q_s2\1.2q_s2011308\powprod.$PJ" MD5 Prüfsumme: 3b7ecb479ee941d20350760c4b444423	ENERCON	N/A	N/A
[24]	Simulationsmodell Datei “D03054464_0.0_SSET; LL04; E-175 EP5 E2-HT-162-ES-C-01.zip\07_Zeitreihen_s2\1.2q_s2\1.2q_s2011303\powprod.$PJ“ MD5 Prüfsumme: 723ac362b8c830ec25faf1d4e57291ab	ENERCON	N/A	N/A
[25]	Simulationsmodell Datei“D03126022_0.0_SSET; LL04; E-175_EP5_E2-HST-162-FB-C-01\07_Zeitreihen\1.2c\1.2c_s20103\ powprod.$PJ” MD5 Prüfsumme: b0d05c6fc4a66cce4c5e5f4f9e46f886	ENERCON	N/A	N/A
[26]	Simulationsmodell Datei “D03054425_0.0_SSET; LL04; E-175 EP5 E2-HT-175-ES-C-01.zip\07_Zeitreihen_s2\1.2q_s2\1.2q_s2011316\powprod.$PJ“ MD5 Prüfsumme: e92d6521aaeb06442fbdd83bb68c8e29	ENERCON	N/A	N/A
[27]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion – Lastannahmen Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E2 Rotorblatt E175 EP5-RB-01 Nabenhöhe 112 m über Geländeoberkante (Turm E175 EP5 E2-HST-112-FB-C-01)	TÜV SÜD	4011309-10-d-1 Rev. 0	2025-06-26

[28]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion – Lastannahmen Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E2 Rotorblatt E175 EP5-RB-01 Nabenhöhe 132 m über Geländeoberkante (Turm E175 EP5 E2-HST-132-FB-C-01)	TÜV SÜD	4011309-11-d-1 Rev. 0	2025-06-26
[29]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion – Lastannahmen Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E2 Rotorblatt E175 EP5-RB-01 Nabenhöhe 162 m über Geländeoberkante (Turm E175 EP5 E2-HT-162-ES-C-01)	TÜV SÜD	4011309-13-d-1 Rev. 0	2025-06-26
[30]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion – Lastannahmen Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E2 Rotorblatt E175 EP5-RB-01 Nabenhöhe 162 m über Geländeoberkante (Turm E175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01)	TÜV SÜD	4144246-4-d-1 Rev. 0	2025-07-29
[31]	Datei “D03054702_0.0_LSET; LL04; E-175 EP5 E2-HT-175-ES-C-01.zip” MD5 Prüfsumme: 25d8ce629c56e83823b2e9fed6a0a4e6	ENERCON	D03054702 Rev. 0.0	N/A

2 Grundlagen der Evaluierung

2.1 Angewendete Standards

Die Evaluierung der Unterlagen erfolgte gemäß folgender Normen und Richtlinien:

Ref.	Nummer	Titel
/1/	IECRE OD-501:2022	Type and Component Certification Scheme
/2/	IECRE OD-501-4:2017	Conformity Assessment and Certification of Loads by RECB's
/3/	DIN EN 61400-22:2011	Windenergieanlagen - Teil 22: Konformitätsprüfung und Zertifizierung
/4/	DIN EN IEC 61400-1:2019	Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen
/5/	DIBt 2012	Richtlinie für Windenergieanlagen, korrigierte Version 2015

2.2 Zusätzliche Standards

Zur Evaluierung wurden zusätzlich folgende Normen und Richtlinien herangezogen:

/6/	DIN EN 1998-1:2010 + NA:2011	Bestätigungsschreiben vom DKE/AK 383.0.1 zur Verwendung in der DIBt Richtlinie 2015 mit DIN EN IEC 61400-1:2019

3 Beschreibung

In den vorgelegten Lastannahmen [1] bis [3] wurden die Betriebsfestigkeits- und Extremlasten der Windenergieanlagen ENERCON E-175 EP5 E2 mit 112 m, 132 m, 162 m and 175 m Nabenhöhe über Geländeoberkante gemäß der Grundlagen der Evaluierung für Umgebungsbedingungen gemäß Kapitel 3.2 berechnet.

3.1 Turbineneigenschaften

Rotorblatttyp	E175 EP5-RB-01
Rotordurchmesser	175 m
Blattmasse je Blatt	27265 kg
1. statisches Moment je Blatt (bezogen auf Blattwurzel)	680890 kgm
Massenunwucht des Rotors (bezogen auf Nabenmitte)	1000 kgm
Nennleistung	7000 kW
Rotordrehzahlbereich	3,06 - 11,25 rpm
Rotornenndrehzahl	9,0 rpm
Triebstrangtyp	Direktgetrieben
Nabenhöhe über Geländeoberkante	112 m, 132 m, 162 m, 175 m
Turmtyp	Hybridstahlturm, Hybridturm
Konuswinkel	-5,0°
Rotorachsneigung	6,0°
Nennwindgeschwindigkeit, V_r (1 Sekunden Mittelwert)	11,6 m/s
Einschaltwindgeschwindigkeit, V_{in} (10 Minuten Mittelwert)	2,5 m/s
Abschaltwindgeschwindigkeit, V_{out} (10 Minuten Mittelwert)[1]	25 m/s

Tabelle 1: Turbineneigenschaften

[1] Für Windgeschwindigkeiten zwischen 21 m/s und 25 m/s wird die Leistung schrittweise reduziert.

3.2 Umgebungsbedingungen

	IEC / DIBt	Turmvariante
Extremer 50 Jahres Wind V_{ref} (10 min Mittelwert)	42,50 m/s	E175 EP5 E2-HST-112-FB-C-01
	40,00 m/s	E175 EP5 E2-HST-132-FB-C-01
	40,27 m/s	E175 EP5 E2-HT-162-ES-C-01
		E175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01
	40,63 m/s	E175 EP5 E2-HT-175-ES-C-01
Extremer Jahres Wind V_1 (10 min Mittelwert)	34 m/s	Alle
Turbulenzintensität bei Extremwind	11,3%	E175 EP5 E2-HST-112-FB-C-01
	11,2%	E175 EP5 E2-HST-132-FB-C-01
	11,1%	E175 EP5 E2-HT-162-ES-C-01
		E175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01
		E175 EP5 E2-HT-175-ES-C-01
Höhenexponent bei Extremwind	0,121	Alle
Turbulenzkategorie	A	Alle
Höhenexponent im Betrieb	0,1 und 0,2	E175 EP5 E2-HST-112-FB-C-01
	0,2	E175 EP5 E2-HST-132-FB-C-01
	0,2 und 0,3	E175 EP5 E2-HT-162-ES-C-01
		E175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01
	0,2 und 0,4	E175 EP5 E2-HT-175-ES-C-01
Weibull Form Faktor	2,0	Alle
Jährliche mittlere Windgeschwindigkeit	8,5 m/s	Alle
Anströmung von unten	8°	Alle
Luftdichte	1,225 kg/m³	Alle
Lebensdauer	25 Jahre	Alle

Tabelle 2: Umgebungsbedingungen

3.3 Eigenfrequenzen

Blatt		
1. Biegefrequenz in Schlagrichtung	0.456 Hz	0.433 Hz bis 0.479 Hz
2. Biegefrequenz in Schlagrichtung	1.122 Hz	1.066 Hz bis 1.178 Hz
1. Biegefrequenz in Schwenkrichtung	0.699 Hz	0.664 Hz bis 0.734 Hz
2. Biegefrequenz in Schwenkrichtung	1.972 Hz	1.873 Hz bis 2.070 Hz

Tabelle 3: Eigenfrequenzen des Blatts

Die Eigenfrequenzen der Türme können [27] bis [31] entnommen werden.

4 Umfang der Evaluierung

Die vorgelegten Lastannahmen [1] und [2] und der Lastvergleich [3] wurden auf Vollständigkeit und Richtigkeit gemäß den Anforderungen der Grundlagen der Evaluierung in Kapitel 2 evaluiert.

Die Eingangsgrößen des Simulationsmodells (enthalten in Dokument [22] bis [26]) wurden auf Plausibilität evaluiert.

Belastungen aus Transport und Errichtung wurden nicht untersucht, abgesehen von den im Anhang angegebenen Zuständen.

5 Bemerkungen

Die vom Hersteller angegebenen Eingangsgrößen für das Simulationsmodell wurden als richtig vorausgesetzt (enthalten in Dokument [22] bis [26]).

Lastrelevante Modifizierungen am Anlagendesign, inklusive des Steuerungs- und Sicherheitssystems, können nachträgliche Berechnungen erfordern.

Potentielle Lasterhöhungen aufgrund von Resonanzeffekten wurden im Rahmen der aeroelastischen Lastsimulation berücksichtigt.

5.1 Extremlasten

Die Extremlasten für die maschinenbaulichen Komponenten und die Rotorblätter können den Dokumenten [1] und [2] entnommen werden.

Die Teilsicherheitsbeiwerte γ_F für die aerodynamischen Funktions-, Massen- und Trägheitskräfte sind in den Ergebnissen für alle berechneten Lasten enthalten. Die Werte entsprechen den Anforderungen der Grundlagen der Evaluierung und sind zusammen mit den Extremlastfällen angegeben.

Bei transienten Lastfällen mit variablem initialen Azimutwinkel wurden die charakteristischen Lastgrößen als Mittelwert der Maximalwerte aller berücksichtigen initialen Azimutpositionen berechnet.

Die maximal auftretende Blattdurchbiegung unter Extrembedingungen ist in Dokument [2] aufgeführt.

In der Simulation wurden die Wartungszustände gemäß Anhang angesetzt.

Für den DLC 8.1 wurde ein Last-Teilsicherheitsbeiwert von $\gamma_F = 1{,}35$ angenommen.

5.2 Betriebsfestigkeitslasten

Die Betriebsfestigkeitslasten für die maschinenbaulichen Komponenten und die Rotorblätter können den Dokumenten [1] und [2] entnommen werden.

Eislasten auf den Rotorblättern wurden während der Produktion nicht berücksichtigt, da diese Bedingungen vom Steuerungssystem erkannt werden und die Windkraftanlage in den Trudelbetrieb schaltet (siehe Dokument [15]).

5.3 Lastvergleich

Im Lastvergleich [3] wurden die Extremlasten und Betriebsfestigkeitslasten aus [22] und [26] für die Maschine aus [2] (Auslegungslasten) verglichen.

Ein Vergleich der Extrem- und Betriebsfestigkeitslasten mit den Auslegungslasten zeigt keine bemessungsrelevanten Erhöhungen.

6 Gutachtliche Stellungnahme

Die zur Evaluierung der Konstruktion der Lastannahmen, vorgelegten Dokumente für die Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E2, entsprechen den Anforderungen der in Kapitel 2.1 angegebenen Zertifizierungsschemas und Standards sowie der Konstruktionsbasis [4], sofern die nachstehenden Bedingungen erfüllt sind.

Die Prüfunterlagen, aufgelistet in Kapitel 1.1 , können den Festigkeitsnachweisen von maschinenbaulichen Komponenten und Rotorblättern an Standorten mit Umgebungsbedingungen gemäß Kapitel 3.2 zugrunde gelegt werden.

Auflagen

1. Wartungsarbeiten sind nur bis zu Windgeschwindigkeiten, wie im Anhang angegeben, zulässig.
2. Die 1. Biegeeigenfrequenzen der Rotorblätter dürfen nicht mehr als ±5% von den in Kapitel 3.3 angegebenen Werten abweichen.
3. Während der Wartungslastfälle für „Kamera- und Drohneninspektion“ gemäß Tabelle 4 dürfen sich Personen nur im Turmfuß aufhalten. Keine Person darf den Aufzug oder den Turm betreten.

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Abteilung Windenergieanlagen

Bewertung

A. Dürbaum

Evaluierung

Dr.-Ing. P. Prokopczuk

Anhang: Berücksichtigte Wartungszustände

Beschreibung	Zulässige Windgeschwindigkeit	Rotorlock (ja/nein)	Windrichtung	Rotor Azimut Winkel	Pitchwinkel Blatt 1	Pitchwinkel Blatt 2	Pitchwinkel Blatt 3
Pitch und Yaw Fehler	13 m/s[2]	nein	102° - 118°	0° - 360°	0° - 90°	80°	120°
Pitch und Yaw Fehler	13 m/s[2]	nein	102° - 118°	0° - 360°	45°	0° - 90°	120°
Pitch und Yaw Fehler	13 m/s[2]	nein	102° - 118°	0° - 360°	45°	80°	0° - 90°
Blatt 2 in beliebiger Position mit abgeschaltetem Yaw-System	13 m/s[2]	ja	0° - 360°	0° - 360°	90°	0° - 90°	90°
Leerlauf mit abgeschaltetem Yaw System	20 m/s[2]	no	0° - 360°	0° - 360°	45°	80°	120°
Blatt Pitch fest	15 m/s[2]	ja	75° - 105°	0°, 90°, 180°, 270°	85°	85°	85°
Blatt 1 Pitch variabel	15 m/s[2]	ja	75° - 105°	90°, 180°, 270°	0° - 360°	85°	85°
Blatt 2 Pitch variabel	15 m/s[2]	ja	75° - 105°	180°	85°	0° - 90°	85°
Blatt 3 Pitch variabel	15 m/s[2]	ja	75° - 105°	180°	85°	85°	0° - 90°
0° Pitch auf 6 Uhr	10 m/s[2]	ja	0° - 360°	180°	0°	150°	-65°
90° Pitch auf 6 Uhr	8 m/s[2]	ja	0° - 360°	180°	90°	170°	-30°
Variabler Pitch auf 6 Uhr (Kamera- und Drohneninspektion)	8 m/s[3]	ja	0° - 360°	180°	0° - 360°	85°	85°
Blatt Pitch fest (Kamera- und Drohneninspektion)	8 m/s[3]	ja	0° - 360°	0° - 360°	85°	85°	85°
Yaw Fehler, Ematec getrennt	15 m/s[2]	nein	0° - 360°	0° - 360° (Rotor frei)	120°	80°	45°

Tabelle 4: Berücksichtigte Wartungszustände

[2] Gemäß DIN EN 61400-1:2019 Kap. 7.4.9 wurden für die Simulation eine um 5 m/s höhere Windgeschwindigkeit angesetzt.
[3] Zusätzliche 5 m/s wurden bei den Simulationen nicht berücksichtigt. Außer dem Turmfuß dürfen sich keine Personen auf der Turbine aufhalten, siehe Auflagen.

Anhang: Berücksichtigte Zustände Einzelblattinstallation

Beschreibung	Zulässige Windgeschwindigkeit[4]	Rotorlock (ja/nein)	Wind-richtung	Rotor Azimut Winkel	Pitchwinkel Blatt 1	Pitchwinkel Blatt 2	Pitchwinkel Blatt 3
Blattmontage	7 m/s	ja	0° - 360°	siehe [18] und [19]			
Bolzenverbindung	10 m/s	ja	0° - 360°	siehe [18] und [19]			
Bolzenanzug	15 m/s	ja	90° ± 15°	siehe [18] und [19]			
Pitch in sicherer Position in verriegeltem Zustand	10 m/s 15 m/s	ja	siehe [18] und [19]				
Rotorlock[5]	15 m/s	ja	siehe [18] und [19]	180°	92°	92°	92°
Rotorrotation[5]	15 m/s	nein	360° ± 8°	0° - 360°	92°	92°	92°

Tabelle 5: Berücksichtigte Zustände Einzelblattinstallation

[4] Gemäß DIN EN 61400-1:2019 Kap. 7.4.9 wurden für die Simulation eine um 5 m/s höhere Windgeschwindigkeit angesetzt.
[5] Der Pitchwinkel hängt von der Windgeschwindigkeit ab und kann aufgrund von minimaler Drehmomentnachführung leicht variieren.

WINDENERGIESYSTEME

Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.

Gutachtliche Stellungnahme

Datum: 18.12.2025

Bericht Nr.: **3743008-18-d-11 Rev. 3**

Objekt: **Evaluierung der Konstruktion – Maschinenbauliche Strukturen**
Windenergieanlagen Enercon
E-175 EP5 E1 und E-175 EP5 E2

Hier: Turmkopfflansch

Grundlage der Evaluierung: IECRE OD-501:2022 ed. 3.0
DIN EN 61400-22:2010
DIBt 2012

Auftraggeber: ENERCON Global GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Deutschland

Unsere Zeichen:
IS-ESW-MUC

Dokument:
3743008-18-d-11_ Rev-3_Enercon_E-175-EP5_TTF.docx

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 tuvsud.com/impressum

Aufsichtsrat:
Walter Reithmaier (Vors.)
Geschäftsführung:
Simon Kellerer (Sprecher)
Thomas Kainz
Paula Pias Peleteiro

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Energie und Systeme
Windenergie
Westendstraße 199
80686 München
Deutschland
Telefon: 089 5791-3146

tuvsud.com/de-is
Tel. Zentrale: +49 89 5190-4001

TÜV®

Revision	Datum	Änderungen
0	26.06.2023	Erstfassung
1	27.03.2024	Design Basis [4] aktualisiert. Lastenreferenz [7] auf Datenträgerabbild umgestellt, und Lasten-prüfbericht [11] aktualisiert. Redaktionelle Änderungen.
2	31.07.2025	Lastvergleich für E2 Einhüllende: Dokumente [3], [5], [6], [8], [9], [10], [11] und [13] hinzugefügt. Dokumente [4] und [12] aktualisiert. Redaktionelle Änderungen.
3	18.12.2025	Lastvergleich [3] aktualisiert Dokumente [8] bis [10] und Dokument [12] aktualisiert Redaktionelle Änderungen.

Notiz: Referenzangaben älterer Revisionen könnten sich geändert haben und könnten bei der aktuellen Revision nicht mehr zutreffen.

Inhaltsverzeichnis

1. Unterlagen 3
1.1. Geprüfte Unterlagen 3
1.2. Eingesehene Unterlagen 3
2. Bewertungsgrundlage 4
2.1. Angewendete Standards 4
2.2. Zusätzliche Standards 4
3. Beschreibung 5
4. Umfang der Bewertung 5
5. Bemerkungen 5
5.1. Allgemein 5
5.2. Lastvergleich 6
6. Gutachtliche Stellungnahme 6
Auflagen 6
Annex: Evaluierte Komponenten 7

1. Unterlagen

1.1. Geprüfte Unterlagen

Folgende Dokumente, sofern nicht anders angegeben von Enercon erstellt, wurden zur Prüfung vorgelegt:

[1] “Calculation Report ENERCON Wind Energy Converter E-175 EP5 & E-175 EP5 E2 Bolted Connection - Yaw Bearing and Tower Head Flange”,
Dokument Nr. D02891599, Rev. 1.1, vom 2023-06-02

[2] “tower flange Turmflansch specification D3868-150xM30”,
Dokument Nr. D02133917, Rev. 0.1, vom 2021-02-05

[3] “Calculation Report ENERCON Wind Energy Converter E-175 EP5 E2 Load Comparison Ultimate and Fatigue Strength”, nur Kapitel 16 von Seite 43 bis 45,
Dokument Nr. D03035803, Revision 2.0, vom 2025-12-09

1.2. Eingesehene Unterlagen

Folgende Dokumente, sofern nicht anders angegeben von Enercon erstellt, wurden im Rahmen der Prüfung zusätzlich herangezogen:

[4] “Design Base E-175 EP5 / E175 EP5 E2”,
Dokument Nr. D02833990, Revision 0.5, vom 17.10.2024

[5] “Konstruktionsbasis Cold Climate Anlagen”,
Dokument Nr. D0666243, Revision 6.2, vom 17.10.2024

[6] “Design Basis Evaluation Report Wind Turbine ENERCON E-175 EP5 Hub Heights 112 m, 132 m, 140 m, 162 m, 175 m Rotor Blade Type E-175 EP5-RB-01 for WT-class S”,
erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH,
Dokument Nr. 3743008-1-e-0, Rev. 3, vom 2025-06-17

[7] Datei: “D02832581_0.1_E175 EP5;LL03 SC; WCII TCA 8.5-2; Machine loads HP++.zip”,
MD5 checksum: 7411058568ae2f11bea4ddaee3d38242

[8] Datei: “D02985043_3.0_E-175 EP5 E2; LL03 WCII TCA 8.5-2; Machine loads.zip ”;
MD5 checksum: 37E67861C47776EC5F46BBE5FB42A7A3

[9] “Loads Report E-175 EP5 E2 Fatigue- and ultimate loads as per IEC 61400-1 Ed. 4: 2019 and DIBt 2015”
Dokument Nr. D03054964, Revision 4.0, vom 24.10.2025

[10] “Loads Report E-175 EP5 Fatigue- and ultimate loads as per IEC 61400-1 Ed. 4: 2019 and DIBt 2015”
Dokument Nr. D02785544, Revision 9.1, vom 30.10.2025

[11] “Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion - Lastannahmen Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E1 Rotorblatt E-175 EP5-RB-01 hier: Maschinenbau- und Rotorblattlasten”, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH,
Dokument Nr. 3743008-9-d-1, Revision 4, vom 29.07.2025

[12] „Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion - Lastannahmen Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E2 Rotorblatt E175 EP5-RB-01 hier: Maschinenbau- und Rotorblattlasten“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH,
Dokument Nr. 4011309-17-d-1, Revision 2, vom 27.10.2025

2. Bewertungsgrundlage

2.1. Angewendete Standards

Die Evaluierung der Dokumente erfolgte gemäß folgender Normen und Richtlinien:

/1/ IECRE OD-501:2022 ed. 3.0 “Type and Component Certification Scheme”

/2/ DIN EN 61400-22:2011 “Windenergieanlagen – Teil 22: Konformitätsprüfung und Zertifizierung (IEC 61400-22:2010); Deutsche Fassung EN 61400-22:2011”

/3/ DIN EN IEC 61400-1:2019 „Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2019); Deutschen Fassung EN IEC 61400-1:2019

/4/ „Richtlinie für Windenergieanlagen“, herausgegeben vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt), Ausgabe Oktober 2012

2.2. Zusätzliche Standards

Zur Evaluierung wurden zusätzlich folgende Normen und Richtlinien herangezogen:

/5/ DNVGL-ST-0361:2016 “Machinery for wind turbines“

/6/ „Richtlinie für die Zertifizierung von Windenergieanlagen 2010“, erstellt von Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH

/7/ 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“

/8/ 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“

/9/ 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“

/10/ 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“

/11/ DIN EN 10025-2:2019 “ Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle; Deutsche Fassung EN 10025-2:2004“

/12/ DIN EN 10025-3:2019 “Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 3: Technische Lieferbedingungen für normalgeglühte/normalisierend gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle; Deutsche Fassung EN 10025-3:2019“

/13/ DIN EN 10083-3:2006 “Vergütungsstähle –Teil 3: Technische Lieferbedingungen für legierte Stähle; Deutsche Fassung EN 10083-3:2006“

/14/ IIW-1823-07:2008 “Recommendations for Fatigue Design of Welded Joints and Components”, herausgegeben von International Institute of Welding

/15/ „Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile aus Stahl, Eisenguss- und Aluminiumwerkstoffe“, 6te Ausgabe, VDMA Verlag, 2012

/16/ H. Gudehus and H. Zenner, “Leitfaden für eine Betriebsfestigkeitsrechnung“, 4te Ausgabe, Stahleisen GmbH, 1999

3. Beschreibung

Die Windenergieanlage Enercon E-175 EP5 ist eine pitch-gesteuerte,direkt getriebene Anlage mit horizontaler Achse und drei Rotorblättern. Die Blattwinkeleinstellung wird durch einen elektro-mechanischen Blattverstellantrieb gewährleistet.

Der Turmkopfflansch ist auf das oberste Turmsegment geschweißt. Das Azimutlager, das als Rollenlager ausgeführt ist, wird mit einer einreihigen Schraubverbindung auf dem Turmkopfflansch befestigt.

Die Komponenten wurde für Normalklima und Kaltklima auf Basis der DIN EN 61400-1 /3/ nachgewiesen. Die vom Hersteller nachgewiesene Mindesteinsatztemperatur beträgt -30°C.

4. Umfang der Bewertung

Die Bewertung umfasst die Extrem- und Ermüdungsfestigkeitsnachweise für den Turmkopfflansch.

Die Prüfung beinhaltet den Turmkopfflansch und die Schweißnaht zwischen Turmkopfflansch und oberstem Turmsegment.

Die Prüfung beinhaltet keine weiteren Teile – namentlich:

- Schraubverbindung zwischen Turmkopfflansch und Azimutlager
- Schraubverbindung zwischen Azimutlager und Maschinenträger

die im Nachweisdokument [1] behandelt werden.

Die vorgelegten Konstruktionsunterlagen wurden auf Vollständigkeit und Richtigkeit geprüft sowie hinsichtlich der Einhaltung der Anforderungen der Prüfgrundlagen.

Die vorgelegten Zeichnungen wurden auf Übereinstimmung mit den Annahmen der Berechnung geprüft.

Die Prüfung der Zusammenbau- und Transportbedingungen war nicht Bestandteil der Prüfung.

5. Bemerkungen

5.1. Allgemein

Die maschinenbaulichen Strukturen wurden vom Hersteller entsprechend der Designbasis [4] nachgewiesen.

Der Nachweis des Turmkopfflansches wurde auf Basis der Lasten in [7] geführt. Die Lasten wurden von TÜV SÜD in [11] geprüft.

Die Nachweise der Turmkopfflansches wurden vom Hersteller mittels Finite-Elemente - Berechnungen geführt und von TÜV SÜD durch unabhängige Vergleichsrechnungen geprüft. Das vom Hersteller für die Nachweise verwendete Lastkollektiv wurde auch für die Prüfung verwendet und wurden auf Übereinstimmung mit den Lastannahmen der Lasteinhüllenden [7] geprüft.

Die in den eingereichten Nachweisen ausgewiesenen Restsicherheiten können innerhalb üblicher technischer Abweichungen bestätigt werden.

Im Rahmen der Bewertung der Konstruktion wurden die Herstellspezifikationen auf ihre Eignung überprüft, die Qualitätsanforderungen zu gewährleisten, die im Rahmen der Nachweise vorausgesetzt wurden.

Der neueste Lastreferenzbericht [10] für E-175 EP5 E1 bezieht sich auf die Maschinenbaulasten [7]. Der Turmkopfflansch ist auch für den Lastreferenzbericht [10] gültig.

5.2. Lastvergleich

Im Lastvergleich [3] wurde der Turmkopfflansch für den Lastbericht [9] nachgewiesen. Der Lastbericht [9] bezieht sich auf die Maschinenbaulasten [8] für E-175 EP5 E2. Die Maschinenbaulasten [8] wurden von TÜV SÜD in [12] evaluiert.

Komponente	Zeichnung	Nachweis	Lasten für Nachweis	Weitere Dokumente / Bemerkungen
Turmkopfflansch	D02133917 Rev. 0.1 [2]	D02891599 Rev. 1.1 [1]	[7] (entspr. [10])	Zusätzliche Lasten [8] (entspr. [9]) Lastvergleich [3]

Tabelle 1: Nachweise und zugehörige Dokumente

6. Gutachtliche Stellungnahme

Die zur Evaluierung vorgelegten Dokumente für den Turmkopfflansch der Windenergieanlage Enercon E-175 EP5 entsprechen den Anforderungen der in Kapitel 2.1 angegebenen Zertifizierungsschemas und Standards sowie der Konstruktionsbasis [4] und [5], sofern die nachstehenden Bedingungen erfüllt sind.

Die Komponenten wurden für die im Anhang aufgeführten Turbinenkonfigurationen evaluiert.

Auflagen

1. Der Korrosionsschutz der Komponenten ist in regelmäßigen Abständen, zumindest jedoch einmal jährlich zu prüfen. Im Fall von Beschädigungen ist er unverzüglich in Stand zu setzen.
2. Wiederholt auftretende oder schwere Schäden an den maschinenbaulichen Strukturen sind TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Abteilung Windenergie anzuzeigen.

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Abteilung Windenergieanlagen

Bewertung



M. Schmalstieg

Evaluierung



Z. Luo

Annex: Evaluierte Komponenten

Komponente	Zeichnung Nr./Rev.	Material/Type	CCV	Anlagevariante	
				E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
Turmkopfflansch	D02133917 Rev. 0.1 [2]	S355N	Ja	X	X

Tabelle 2: Evaluierte Komponenten

WINDENERGIESYSTEME

Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.

Gutachtliche Stellungnahme

Datum: 18.12.2025

Bericht Nr.: **3821605-40-d-4 Rev. 4**

Objekt: **Evaluierung der Konstruktion - Maschinenbauliche Strukturen, Maschinenbauliche Komponenten**

Windenergieanlage Enercon
E-175 EP5 E1 und E-175 EP5 E2

Grundlage der Evaluierung: IECRE OD-501:2022 Ed. 3.0
DIN EN 61400-22:2011 und
DIBt 2012

Auftraggeber: ENERCON Global GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Deutschland

Unsere Zeichen:
IS-ESW-MUC

Dokument:
3821605-40-d-4_rev4_Enercon_E-175 EP5 E1_E2_MC-SC.docx

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 tuvsud.com/impressum

Aufsichtsrat:
Walter Reithmaier (Vors.)
Geschäftsführung:
Simon Kellerer (Sprecher)
Thomas Kainz
Paula Pias Peleteiro

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Energie und Systeme
Windenergiesysteme
Westendstraße 199
80686 München
Deutschland
Telefon: +49 89 5791-3146

tuvsud.com/de-is
Tel. Zentrale: +49 89 5190-4001

Revision	Datum	Änderungen
0	27.03.2024	Erstfassung
1-3	-	Die Änderungen der Revisionen 1 bis 3 sind den entsprechenden Revisionsständen zu entnehmen
4	18.12.2025	Lastdokument [169] und Prüfbericht [182] aktualisiert Achszapfen [126] und Achsdeckel [124] und [127] aktualisiert SV Achszapfen - Achsdeckel [129] aktualisiert, [130] hinzugefügt, Maschinenträger [131], [133] aktualisiert, [132] hinzugefügt, SV Maschinenträger – Achszapfen [140] aktualisiert, SV Rotornabe-Rotorträger [138] aktualisiert Rotorträger [125], [128] aktualisiert Rotorarretierung [99], [100], [245], [246] aktualisiert und Zeichnungen [105], [248], [249] hinzugefügt Rotornaben: [98] hinzugefügt; [95], [96] und [171] aktualisiert Generatorrotor: [107] bis [113] hinzugefügt, [106] und [260] aktualisiert Stator Grundrahmen: [114], [115], hinzugefügt, [117] - [120], [253] aktualisiert Rotorträger: [121] ersetzt und Achszapfen [123] hinzugefügt. Generatorverkleidung vom Typ E-175 EP5 E2 GE-01-02 mit [146] bis [158] hinzugefügt. Anschlagspunkte (Personensicherheit) übertragen nach Bericht 4011309-70-e-4 Rev. 1 Blattarretierung: [34] bis [40] hinzugefügt, alte Konstruktion entfernt. E1 [142] und E2 [144] Lastvergleich sowie Dokumente [250], [257], [263] aktualisiert. Dokument [252] neue Dokumentnummer und aktualisiert. Maschinenhausverkleidung verschoben in gesonderten Bericht Dokumente [203] aktualisiert und [212] bis [214] hinzugefügt Redaktionelle Änderungen.

Notiz: Referenzangaben älterer Revisionen könnten sich geändert haben und könnten bei der aktuellen Revision nicht mehr zutreffen.

Inhaltsverzeichnis

1 Dokumente ... 4
1.1 Evaluierte Dokumente ... 4
1.2 Eingesehene Dokumente ... 16
2 Grundlagen der Evaluierung ... 24
2.1 Angewendete Standards ... 24
2.2 Zusätzliche Standards ... 24
3 Beschreibung ... 26
3.1 Eigenschaften ... 26
3.2 Lastannahmen ... 26
3.3 Umweltbedingungen ... 27
4 Umfang der Evaluierung ... 27
5 Bemerkungen ... 28
5.1 Blattlager ... 29
5.2 Blattverstellantrieb ... 29
5.3 Blattarretierung ... 29
5.4 Rotorlager ... 30
5.5 Azimutlager ... 30
5.6 Azimutantrieb ... 31
5.7 Azimutbremse ... 31
5.8 Kühlsystem ... 31
5.9 Schmiersystem ... 31
5.10 Rotornabe ... 32
5.11 Rotorarretierung ... 32
5.12 Generatorrotor ... 32
5.13 Stator Grundrahmen ... 33
5.14 Hauptlagereinheit ... 33
5.15 Maschinenträger ... 34
5.16 Turmkopfflansch ... 34
5.17 Schraubverbindungen ... 34
5.18 Lastvergleich ... 34
5.19 Generator-Stator Verkleidung ... 35
5.20 Luftspaltstabilität ... 36
6 Gutachtliche Stellungnahme ... 36
Auflagen ... 36
Anhang: Evaluierte Komponenten ... 37

1 Dokumente

1.1 Evaluierte Dokumente

Folgende Dokumente, sofern nicht anders angegeben von ENERCON Global GmbH erstellt, wurden zur Evaluierung vorgelegt:

Maschinenbaulich Komponenten

1.1.1 Blattlager

1.1.1.1 LIEBHERR COMPOENENTS BIBERACH GmbH

[1] “Technical data sheet”, erstellt von Liebherr,
Dokument Nr. TD_ROD03340-045DJ18-001_en, Revision 02, vom 28.06.2023,
Enercon Nr. D02910002, Revision 1.0

[2] “Report FEA”, erstellt von Liebherr,
Dokument Nr. 20230606_fea03340-045DJ18-001_rev0_Enercon_E-175_EP5_PiB,
Revision 0, vom 06.06.2023,
Enercon Nr. D02910004, Revision 1.0

[3] “ROLLENDREHVERBINDUNG ROLLER SLEWING RING”, erstellt von Liebherr,
Zeichnung Nr. ROD03340-045DJ18-001-000, Revision 09.4, vom 27.03.2025,
Enercon Nr. D02833985, Revision 9.0

[4] “Technical data sheet”, erstellt von Liebherr,
Zeichnung Nr. TD_ROD03354-054DJ18-001-000_en_02, Revision 02, vom 03.05.2024,
Enercon Nr. D03019003, Revision 1.0

[5] “ROLLER SLEWING RING”, erstellt von Liebherr,
Zeichnung Nr. ROD03354-054DJ18-001-000, Revision 02.3, vom 24.03.2025,
Enercon Nr. D03019002, Revision 5.0

[6] “Report FEA”, erstellt von LIEBHERR
Dokument Nr. 20240528_fea03354-054DJ18-V01_Enercon_E-175_EP5_E2_PiB,
Revision 1, vom 28.05.2024
Enercon Nr. D03019014, Revision 1

1.1.1.2 Thyssenkrupp rothe erde Germany GmbH (TKRE)

[7] “Technical Data Sheet rothe erde® Large Diameter Slewing Bearing”, erstellt von TKRE,
Dokument Nr. 21779_01, Revision 01, vom 23.05.2024,
Enercon Nr. D02909658, Revision 2.0

[8] “Supplement to Technical Data Sheet 21779_01 rothe erde® Large Diameter Slewing Bearing”, erstellt von TKRE,
Dokument Nr. 21958_00, Revision 00, vom 21.08.2024

[9] “Rollendrehverbindung Roller Bearing”, erstellt von TKRE
Zeichnung Nr. 192.45.3338.100.48.140D, Revision D, vom 11.09.2024,
Enercon Nr. D02896515, Revision 8.0

[10] “Technical data sheet rothe erde® Large Diameter Slewing Bearing”, erstellt von TKRE,
Zeichnung Nr. 21812_00, Revision 00, vom 29.05.2024,
Enercon Nr. D03034707, Revision 0.0

[11] “Slewing Bearing”, erstellt von TKRE
Zeichnung Nr. 192.55.3354.000.48.140D, Revision A, vom 2024-09-30,
Enercon Nr. D03022830, Revision 4.0

[12] “Supplement to Technical Data Sheet 21812_00 rothe erde® Large Diameter Slewing Bearing”, erstellt von TKRE
Dokument Nr. 21863_00, Revision 0, vom 26.06.2024

1.1.1.3 TMB® Tianma (Chengdu) Precision Machinery Co., Ltd

[13] “TMB Slewing Bearing Calculation Report”, erstellt von TMB,
Dokument Nr. CR2023-05-18/1, Revision 1, vom 18.05.2023,
Enercon Nr. D02896524, Revision 3.0

[14] “Pitch bearing”, erstellt von TMB
Zeichnung Nr. B133.45.3340K, Revision 2, vom 24.10.2023,
Enercon Nr. D02899176, Revision 3.1

[15] “TMB Slewing Bearing Calculation Report”, erstellt von TMB,
Dokument Nr. CR2024-09-18/2, Revision 2, vom 06.06.2025
Enercon Nr. D03074765, Revision 1.0

[16] “Pitch bearing”, erstellt von TMB
Zeichnung Nr. B133.54.3355K, Revision 1, vom 30.04.2025,
Enercon Nr. D03111001, Revision 0.4

1.1.2 Blattverstellantrieb

1.1.2.1 LIEBHERR COMPOENENTS BIBERACH GmbH

[17] “Calculation Pitch Gearbox”, erstellt von Liebherr,
Dokument Nr. 2023 / 012-2, Revision -, vom 15.03.2024,
Enercon Nr. D02779228, Revision 5.0

[18] “DREHWERKANTRIEB SLEWING GEAR DRIVE DAT400/4445”, erstellt von Liebherr,
Zeichnung Nr. 13792637-99, Revision 03.8, vom 20.03.2024,
Enercon Nr. D02752711, Revision 4.1

[19] “DREHWERKANTRIEB SLEWING GEAR DRIVE DAT400/4445-V1”, erstellt von Liebherr,
Zeichnung Nr. 13864123-99, Revision 00.4, vom 28.04.2023,
Enercon Nr. D02876731, Revision 1.0

[20] “ABTRIEBSWELLE OUTPUT SHAFT M=18 Z=14”, erstellt von Liebherr,
Zeichnung Nr. 368 460 4000 10 0, Revision 04.1, vom 22.11.2022

[21] “DREHWERKANTRIEB SLEWING GEAR DRIVE DAT400/4445”, erstellt von Liebherr,
Zeichnung Nr. 13799009-00, Revision 00.3, vom 22.09.2022

[22] “Calculation Pitch Gearbox”, erstellt von Liebherr,
Zeichnung Nr. 2024 / 010-1, Revision -, vom 15.03.2024,
Enercon Nr. D02779228, Revision 5

1.1.2.2 Bonfiglioli Trasmital

[23] “TECHNICAL REPORT PITCH DRIVE E-175 EP5 / E-175 EP5 E2”, erstellt von Bonfiglioli,
Dokument Nr. I23007D, Revision 1, vom 26.05.2023,
Enercon Nr. D02906233, Revision 0.0

[24] “SPECIAL GEARBOX 711 T3N WITH SPECIAL ELECTRIC MOTOR ADAPTOR IEC 132”, erstellt von Bonfiglioli,
Zeichnung Nr. CD00030074, Revision B, vom 10.03.2025,
Enercon Nr. D02737893, Revision 4.0

[25] “PINION SHAFT M18,0 Z14 H150”, erstellt von Bonfiglioli,
Zeichnung Nr. YZ00011612, Revision -, vom 15.09.2022

[26] “Gearbox 1:240.3 m18 z14 P132”, erstellt von Bonfiglioli,
Zeichnung Nr. AD00008200, Revision -, vom 15.09.2022

[27] “MOTOR VSDMOT BMD 132L 74 1000 360 B5 38 K 55 TC1 ENC F24”, erstellt von Bonfiglioli,
Zeichnung Nr. CD00023060, Revision B, vom 17.10.2022,
Enercon Nr. D02758556, Revision 1.1

[28] “TECHNICAL REPORT PITCH DRIVE E-175 EP5 E2 Gearbox 711 T3N IEC 132”, erstellt von Bonfiglioli,
Zeichnung Nr. I23237D, Revision 1, vom 15.03.2024,
Enercon Nr. D03009807, Revision 0.0

1.1.2.3 NGC Group

[29] “Calculation Report“, erstellt von NGC,
Dokument Nr. PYD-DD-CR-240075, Revision B, vom 08.04.2024,
Enercon Nr. D03021245, Revision 1.0

[30] “Pitch Gear m18-z14-b150-i240“, erstellt von NGC,
Dokument Nr. MPPB10-250-02, Revision F, vom 18.06.2024,
Enercon Nr. D02732792, Revision 8.0

1.1.2.4 Shanthi Gears

[31] “Detailed design report for Pitch gear D02996049/0.0“, erstellt von Shanthi,
Dokument Nr. -, Revision 05, vom 10.06.2024,
Enercon Nr. D03012878, Revision 2.0

[32] “KHβ & KHα report for Pitch gear D02996049/0.0“, erstellt von Shanthi,
Dokument Nr. -, Revision -, vom -,
MD5-checksum: 005084d713871b65d825d5f7ab25491f
Enercon Nr. D03037665, Revision 1.0, vom 23.05.2024

[33] “PITCH DRIVE M18-Z14-i240“, erstellt von Shanthi,
Dokument Nr. EQ-PD-4220055, Revision J, vom 06.06.2024,
Enercon Nr. D02966611, Revision 2.0

1.1.3 Blattarretierung

[34] “blade connection blade lock E-175 EP5 Blattanschluss Werkzeugsatz Rotorblatt-Arretierung E-175”
Zeichnung Nr. D03137244, Revision 2.0, vom 16.09.2025

[35] “mounting support support Montagestütze Stütze”
Zeichnung Nr. D03136970, Revision 1.0, vom 16.09.2025

[36] “mounting support main Montagestütze Haupt”
Zeichnung Nr. D03137065, Revision 2.0, vom 16.09.2025

[37] “threaded bolt left right threaded Gewindebolzen links rechts Gewinde”
Zeichnung Nr. D03136966, Revision 2.0, vom 16.09.2025

[38] “washer pitch lock E-175 EP5 Scheibe”
Zeichnung Nr. D03162753, Revision 1.0, vom 16.09.2025

[39] “tool pitch lock E-175 EP5 Werkzeug”
Zeichnung Nr. D03162771, Revision 1.0, vom 16.09.2025

[40] “Calculation Report Blade lock EP5-ROH-02, EP5-ROH-04 Ultimate Strength”
Dokument Nr. 03138974, Revision 0.2, vom 21.11.2025

1.1.4 Rotorlager

1.1.4.1 Thyssenkrupp rothe erde Germany GmbH

[41] “TECHNICAL REPORT Enercon E-175 EP5 HP++, Mainshaft Bearing Calculation”, erstellt von TKRE,
Dokument Nr. 23/07, Revision 00, vom 20.03.2023,
Enercon Nr. D02885608, Revision 0.1

[42] “SINGLE-ROW TAPERED ROLLER BEARING”, erstellt von TKRE,
Dokument Nr. PSL612-402-1, Revision 1, vom 17.08.2022,
Enercon Nr. D02748780, Revision 0.1

[43] “TECHNICAL REPORT Enercon E-175 EP5 E2, Mainshaft Bearing Calculation ”, erstellt von TKRE,
Dokument Nr. 23/21, Revision 04, vom 11.05.2023,
Enercon Nr. D02909135, Revision 2.1

[44] “SINGLE-ROW TAPERED ROLLER BEARING ”, erstellt von TKRE,
Dokument Nr. PSL612-484, Revision 1, vom 09.05.2023,
Enercon Nr. D02876501, Revision 0.3

[45] “SINGLE-ROW TAPERED ROLLER BEARING ”, erstellt von TKRE,
Dokument Nr. PSL612-485, Revision 1, vom 09.05.2023,
Enercon Nr. D02876503, Revision 0.3

1.1.4.2 LIEBHERR COMPOENENTS BIBERACH GmbH

[46] “Technical data sheet E-175 EP5 HP++”, erstellt von Liebherr,
Dokument Nr. TD_HLE01970-110ZO18-V01_E-175 EP5 HP++EN, Revision 00,
vom 25.04.2023,
Enercon Nr. D02895890, Revision 0.0

[47] “KEGELROLLENDREHVERBINDUNG TAPERED ROLLER SLEWING RING”, erstellt von Liebherr,
Dokument Nr. KED01970-110EO18-001-000, Revision 02.2, vom 11.12.2024,
Enercon Nr. D02795661, Revision 2.0

[48] “Validity of certification documents for material change of main bearings”, erstellt von Liebherr,
Dokument Nr. -, Revision -, vom -,
Enercon Nr. D03136198, Revision 0.0

1.1.4.3 FAG Schaeffler Technologies AG & Co. KG

[49] “Technical documentation Main Bearing EP5 E-175 E1”, erstellt von FAG,
Dokument Nr. TD_Enercon_EP5 E-175 E1_2024-07-11_00, Revision 00, vom 2024-07-11,
Enercon no. D03049564, Revision 0.0

[50] “Tapered roller bearing”, erstellt von FAG,
Dokument Nr. EDD F-684071.TR1-WPOS 000, Revision AB, vom 2024-11-12
Enercon no. D03024354, Revision 1.0

[51] “Technical documentation Main Bearing EP5 E-175 E2”, erstellt von FAG,
Dokument Nr. TD_Enercon_EP5 E-175 E2_2024-03-15_AE, Revision AE, vom 15.03.2024,
Enercon Nr. D02811214, Revision 1.1

[52] “Cold Climate Zertifikat ”, erstellt von FAG,
Dokument Nr. -, Revision -, vom 08.08.2024,
Enercon Nr. D02935341, Revision 0.0

[53] “TAPERED ROLLER BEARING”, erstellt von FAG,
Dokument Nr. EDD F-685992.TR1-WPOS 000, Revision AB, vom 15.11.2024,
Enercon Nr. D02883106, Revision 2.0

[54] “TAPERED ROLLER BEARING”, erstellt von FAG,
Dokument Nr. EDD F-685993.TR1-WPOS 000, Revision AB, vom 15.11.2024,
Enercon Nr. D02883107, Revision 2.0

1.1.4.4 TIMKEN

[55] “Technical Specifications ENERCON GmbH – EP5 + Wind Energy Converter Bearing calculation E-175 EP5 E2”, erstellt von TIMKEN,
Dokument Nr. 578408, Revision A, vom 12.04.2024,
Enercon Nr. D03016156, Revision 0.1

[56] “NP841931-90WA1”, erstellt von TIMKEN,
Dokument Nr. E-61677, Revision A, vom 20.03.2024,
Enercon Nr. D03016157, Revision 0.0

[57] “NP800758-90WA1”, erstellt von TIMKEN,
Dokument Nr. E-61688, Revision A, vom 20.03.2024,
Enercon Nr. D03016158, Revision 0.0

1.1.4.5 TMB® Tianma (Chengdu) Precision Machinery Co., Ltd

[58] “Technical Calculation Report Static Analysis of Main Bearings in EP5”, erstellt von TMB,
Dokument Nr. EP5, Revision 9, vom 03.01.2024,
Enercon Nr. D02881181, Revision 1.0

[59] “Tapered roller bearing”, erstellt von TMB,
Dokument Nr. M1-6091K01-17, Revision 1, vom -,
Enercon Nr. D03013696, Revision 0.3

[60] “Tapered roller bearing”, erstellt von TMB,
Dokument Nr. M1-6092K01-17, Revision 1, vom -,
Enercon Nr. D03013698, Revision 0.3

1.1.4.6 SKF GmbH

[61] “Calculation report Evaluation of Main Bearing Enercon E-175 EP5 E2 TRBs with PEEK cage”, erstellt von SKF,
Dokument Nr. ACC-24-005/b, Revision 02, vom 26.04.2024,
Enercon Nr. D03020436, Revision 0.1

[62] “Tapered roller bearing”, erstellt von SKF,
Dokument Nr. SK-LE 23-28-2/AWM, Revision 01, vom 19.04.2024 draft,
MD5-checksum: 9e454159bd87cd584a1f3d31f72b764c
Enercon Nr. D03020445, Revision 0.1

[63] “Tapered roller bearing”, erstellt von SKF,
Dokument Nr. SK-LE 23-27-2/AWM, Revision 01, vom 19.04.2024 draft,
MD5-checksum: 4403d0bda13f93742ad3ce1a96723e14
Enercon Nr. D03020447, Revision 0.0

[64] “Calculation report Evaluation of Main Bearing Enercon E-175 EP5 E2 Steel window cage”, erstellt von SKF,
Dokument Nr. ACC-24-005/a, Revision 03, vom 26.04.2024
Enercon Nr. D03018445, Revision 0.1

[65] “Tapered roller bearing”, erstellt von SKF,
Dokument Nr. SK-LE 23-28-1/AWM, Revision 01, vom 22.03.2024 draft,
MD5-checksum: d351814b792afc0e31a1d6e7d8672123
Enercon Nr. D02880405, Revision 0.2

[66] “Tapered roller bearing”, erstellt von SKF,
Dokument Nr. SK-LE 23-27-1/AWM, Revision 01, vom 22.03.2024 draft,
MD5-checksum: b272a9547f10605cc4982fef261cadfc
Enercon Nr. D02880486, Revision 0.2

1.1.5 Azimutlager

1.1.5.1 Thyssenkrupp rothe erde Germany GmbH

[67] “Supplement to drawing rothe erde Large Diameter Slewing Bearing”, erstellt von TKRE,
Dokument Nr. 20990_02, Rev. 02, vom 21.03.2024,
Enercon Nr. D02791669, Revision 2.0

[68] “Supplement to Technical Data Sheet 21185_02 rothe erde Large Diameter Slewing Bearing”, erstellt von TKRE,
Dokument Nr. 21387_00, Revision 00, vom 29.08.2023

[69] “Rollendrehverbindung Roller bearing slewing ring”, erstellt von TKRE,
Zeichnung Nr. 192.32.3976.000.44.150D, Revision E, vom 17.01.2025,
Enercon Nr. D02791667, Revision 6.0

[70] “Technical Data Sheet rothe erde Large Diameter Slewing Bearing”, erstellt von TKRE,
Dokument Nr. 21185_03, Rev. 03, vom 12.03.2024,
Enercon Nr. D02895140, Revision 2.0

[71] “Supplement to Technical Data Sheet 21185_03 rothe erde® Large Diameter Slewing Bearing”, erstellt von TKRE,
Dokument Nr. 21387_01, Revision 01, vom 04.07.2024

1.1.5.2 LIEBHERR COMPOENENTS BIBERACH GmbH

[72] “Technical data sheet Wind Turbine Yaw bearing E-175 EP5 und E-175 EP5 E2”, erstellt von Liebherr,
Dokument Nr. TD_ROD03993-032DJ18-001-000_en_00_E175EP5, Revision 00, vom 24.04.2023,
Enercon Nr. D02895137, Revision 0.0

[73] “ROLLENDREHVERBINDUNG ROLLER SLEWING RING”, erstellt von Liebherr,
Zeichnung Nr. ROD03993-032DJ18-001-000, Revision 03.1, vom 13.06.2024,
Enercon Nr. D02792752, Revision 4.0

[74] “Technical data sheet Wind Turbine Yaw bearing E-175 EP5 E2”, erstellt von Liebherr,
Dokument Nr. TD_ROD03993-032DJ18-001-000_en_00, Revision 00, vom 16.04.2024
Enercon Nr. D03017366, Revision 0.0

1.1.5.3 TMB® Tianma (Chengdu) Precision Machinery Co., Ltd

[75] “TMB Slewing Bearing Calculation Report”, erstellt von TMB,
Dokument Nr. CR2023-03-21/2, Revision 2, vom 12.05.2023,
Enercon Nr. D02882436, Revision 1.0

[76] “Yaw bearing”, erstellt von TMB,
Zeichnung Nr. Y133.38.3993K, Revision 2, vom 05.05.2023,
Enercon Nr. D02797135, Revision 1.0

[77] “TMB Slewing Bearing Calculation Report”, erstellt von TMB,
Dokument Nr. CR2024-03-18/1, Revision 1, vom 18.03.2024,
Enercon Nr. D03008706, Revision 0.0

1.1.5.4 CS BEARING

[78] “Enercon EP5 Yaw Bearing Analysis Report Triple row roller-type Yaw Bearing Analysis”, erstellt von CS Bearing,
Dokument Nr. TD-244-07, Revision 2, vom 03.07.2024,
Enercon Nr. D03012831, Revision 1.0

[79] “EP5 YAW BEARING Ass’y”, erstellt von CS Bearing,
Zeichnung Nr. Y.4.R.I.50.3678.9.01, Revision 1, vom 26.06.2024,
Enercon Nr. D03025337, Revision 1.0

1.1.6 Azimutantrieb

1.1.6.1 LIEBHERR COMPOENENTS BIBERACH GmbH

[80] “Calculation Yaw Gearbox”, erstellt von Liebherr,
Dokument Nr. 2024 / 020-1.0, Revision -, vom 19.11.2024,
Enercon Nr. D02895154, Revision 1.0

[81] “SLEWING GEAR DRIVE DAT450/4422”, erstellt von Liebherr,
Zeichnung Nr. 13521946-99, Revision 05.1, vom 28.11.2024,
Enercon Nr. D02545790, Revision 7.0

[82] “SLEWING GEAR DRIVE DAT450/4422-V1”, erstellt von Liebherr,
Zeichnung Nr. 13856204-99, Revision 02.1, vom 28.11.2024,
Enercon Nr. D02872007, Revision 3.0

[83] “OUTPUT SHAFT M=22 Z=12”, erstellt von Liebherr,
Zeichnung Nr. 13714613-00, Revision 02.9, vom 12.01.2023

[84] “SLEWING GEAR DRIVE DAT 450/4422”, erstellt von Liebherr,
Zeichnung Nr. 468 422 4000 00 0, Revision 04.1, vom 15.03.2023

1.1.6.2 Bonfiglioli Trasmital

[85] “TECHNICAL REPORT YAW DRIVE E-175 EP5 and E-175 EP5 E2”, erstellt von Bonfiglioli,
Dokument Nr. I23152D, Revision -, vom 07.06.2023,
Enercon Nr. D02915703, Revision 0.0

[86] “GEARBOX FOR YAW DRIVE 7T 14 W 4 RXXC S023 B 1583 P132 T LCD*”, erstellt von Bonfiglioli,
Zeichnung Nr. CD00024217, Revision -, vom 30.11.2022,
Enercon Nr. D02808837, Revision 0.0

[87] “PINION SHAFT M22 Z12 H214”, erstellt von Bonfiglioli,
Zeichnung Nr. YP00027495, Revision A, vom 26.04.2022

[88] “Gearbox 7T 14 W 4 RXXC S023 B 1583 P132 T LCD*”, erstellt von Bonfiglioli,
Zeichnung Nr. AD00008425, Revision A, vom 07.02.2023

[89] “MOTOR VSDMOT BMD 132L 74 2000 500 B5 38 K 55 TC1 ENC F24”, erstellt von Bonfiglioli
Zeichnung Nr. CD00021286, Revision A, vom 2022-02-07,
Enercon no. D02583714, Revision 1.0

1.1.7 Azimutbremse

[90] “Berechnung Nachweis der Azimutbremse E-175 EP5 und E-175 EP5 E2”,
Dokument Nr. D02789805, Revision 0.1, vom 28.04.2023

[91] “Statement, Load Simulation departement Deenergised Yaw-Slipping”,
Dokument Nr. D02948073, Revision 0.0, vom 25.09.2023

[92] “Berechnung Nachweis der Azimutbremse E-175 EP5 E2”,
Dokument Nr. D03002116, Revision 0.1, vom 14.05.2024

1.1.8 Kühlsystem

[93] “Technisches Datenblatt Technische Daten Kühlsyteme E-175 EP5”,
Dokument Nr. D02936467, Revision 0.1, vom 22.08.2023

[94] “Technisches Datenblatt Technische Daten Kühlsyteme E-175 EP5 E2”,
Dokument Nr. D02936468, Revision 0.1, vom -

1.1.9 Schmiersystem

Keine Dokumente

Strukturkomponenten

1.1.10 Rotornabe

[95] “rotor hub EP5-ROH-02 Rotornabe EP5-ROH-02”,
Zeichnung Nr. D02941150, Revision 6.0, vom 01.07.2025

[96] “Calculation Report Rotor Hub EP5-ROH-02 EP5-ROH-04 EP5-ROH-05 Ultimate and Fatigue Strength”,
Dokument Nr. D02897462, Revision 5.0, vom 24.11.2025

[97] “Betriebsfestigkeit von Löchern mit vorgespannten Schrauben in Gussbauteilen”,
Dokument Nr. D02965516, Revision 0, vom 27.11.2023

[98] “rotor hub EP5-ROH-04 Rotornabe EP5-ROH-04”,
Zeichnung Nr. D03023775, Revision 2.0, vom 01.07.2025

1.1.11 Rotorarretierung

[99] “pin Generator tapered lock pin Stift Konischer Verriegleungsstift des Generators”,
Zeichnung Nr. D02781529, Revision 1.0, vom 23.06.2025

[100] “Calculation Report Generator Locking Assembly Rotor Support (EP5-RS-02), Stator Half (770.9110.P1), Stator Half (770.9110.P2), & Rotor Lock (D240-h75-A)”,
Dokument Nr. D02930315, Revision 3.1, vom 17.09.2025

[101] “Technical specification Specification rotor lock D240-h75-A”,
Dokument Nr. D02868806, Revision 0, vom 06.07.2023

[102] “rotor locking disc”,
Zeichnung Nr. D02903597, Revision 0, vom 19.07.2023

[103] “slide bush rotor lock D250 d240”,
Zeichnung Nr. D02904921, Revision 0.1, vom 06.06.2023

[104] “rotor lock D240-h75-A”,
Zeichnung Nr. D02908840, Revision 1, vom 13.03.2024

[105] “rotor locking disc”,
Zeichnung Nr. D03140969, Revision 0.0, vom 30.06.2025

1.1.12 Generatorrotor

[106] “rotor Rotor Frame EP5 Rotor Rotor Rahmen EP5”,
Zeichnung Nr. D03130401, Revision 0.0, vom 29.08.2025

[107] “Calculation Report Generator-Rotor E-175 EP5 E2 GE-01-02 Ultimate and Fatigue Strength”,
document no. D03159681, Revision 0.1, vom 01.09.2025

[108] “rotor half 770.9669.P1 Rotorhälfte”,
Zeichnung Nr. D03072150, Revision 2.0, vom 18.08.2025

[109] “rotor half 770.9669.P2 Rotorhälfte”,
Zeichnung Nr. D03103516, Revision 2.0, vom 18.08.2025

[110] “stiffener disc P1.1 Versteifung”,
Zeichnung Nr. D03072549, Revision 1.0, vom 14.05.2025

[111] “stiffener disc P1.2 Versteifung”,
Zeichnung Nr. D03072553, Revision 1.0, vom 14.05.2025

[112] “stiffener disc P2.1 Versteifung”,
Zeichnung Nr. D03072637, Revision 1.0, vom 14.05.2025

[113] “stiffener disc P2.2 Versteifung”,
Zeichnung Nr. D03072643, Revision 1.0, vom 14.05.2025

1.1.13 Stator Grundrahmen

[114] “base frame Stator base frame Grundrahmen Stator Grundrahmen”,
Zeichnung Nr. D03035360, Revision 0.0, vom 28.06.2024

[115] “base frame Stator base frame E-175 EP5 Grundrahmen Stator Grundrahmen E-175 EP5”,
Zeichnung Nr. D03143813, Revision 0.0, vom 01.09.2025

[116] “Calculation Report, ENERCON Wind Energy Converter E-175 EP5 Stator Base Frame, Finite Element Analyses (FEA)”,
Dokument Nr. D02903664, Revision 0.0. vom 17.05.2023

[117] “Calculation Report, ENERCON Wind Energy Converter E-175 EP5 Stator Base Frame, Strength Analyses (SA)”,
Dokument Nr. D02905485, Revision 3.0, vom 31.10.2025

[118] “Calculation Report Generator stator E-175 EP5 E2 - GE-01-02 Ultimate und Fatigue Strength”,
Dokument Nr. D03162967, Revision 0.0, vom 01.08.2025

[119] “Stator half 770.9110.P1 Statorhälfte 770.9110.P1”,
Zeichnung Nr. D03076589, Revision 2.0, vom 29.08.2025

[120] “Stator half 770.9110.P2 Statorhälfte 770.9110.P2”,
Zeichnung Nr. D03076592, Revision 2.0, vom 29.08.2025

1.1.14 Hauptlagereinheit

[121] “rotor support EP5-RS-03 machined part”,
Zeichnung Nr. D03180444, Revision 0.0, vom 16.09.2025

[122] “carrier Bearing carrier machined Fahrgestell”,
Zeichnung Nr. D02799486, Revision 1.1, vom 18.06.2025

[123] “axle pin EP5-AP-02 machined part”,
Zeichnung Nr. D03180432, Revision 0.0, vom 16.09.2025

[124] “axle cover Press ring Dia 1900x120 Achsdeckel Pressring Dia 1900x120”,
Zeichnung Nr. D03130857, Revision 1.0, vom 12.09.2025

[125] “rotor support EP5-RS-02”,
Zeichnung Nr. D02927469, Revision 3.0, vom 12.02.2025

[126] “axle pin EP5-AP-01”,
Zeichnung Nr. D02893745, Revision 3.0, vom 12.02.2025

[127] “axle cover EP5 Achsdeckel EP5”
Zeichnung Nr. D03125254, Revision 0.0, vom 30.06.2025

[128] “Calculation Report Main bearing unit castings Axle pin (EP5-AP-01) & Rotor support (EP5-RS-02) Ultimate and Fatigue Strength”,
Dokument Nr. D03013135, Revision 2.0, vom 12.02.2025

[129] “Calculation Report Bolted Connection Axle Pin - Axle Cover EP5-AP-01 to Axle Cover”,
Dokument Nr. D03002779, Revision 2.0, vom 17.09.2025

[130] “shim segment”,
Zeichnung Nr. D02897470, Revision 0.0, vom 11.05.2023

1.1.15 Maschinenträger

[131] “Calculation Report ENERCON Wind Energy Converter E-175 EP5, E-175 EP5 E2 Main Carrier Ultimate and Fatigue Strength”,
Dokument Nr. D02890867, Revision 1.0, vom 10.09.2025

[132] “Betriebsfestigkeit von Sacklöchern in Gussbauteilen”,
Dokument Nr. D0621679, Revision 1, vom 01.09.2017

[133] “main carrier EP5-MC-02 Maschinenträger EP5-MC-02”,
Zeichnung Nr. D02833308, Revision 2.0, vom 02.07.2025

1.1.16 Turmkopfflansch

[134] “tower flange Turmflansch specification-D3868-150xM30 Spezifikation-D3868-150xM30”,
Zeichnung Nr. D02133917, Revision 0.1, vom 05.02.2021

1.1.17 Schraubverbindungen

1.1.17.1 Blattlager – Rotornabe

[135] “Calculation Report ENERCON Wind Energy Converter E-175 EP5 & E-175 EP5 E2 Bolted connection at blade flange bearing Ultimate and Fatigue Strength”,
Dokument Nr. D02881539, Revision 0.0, vom 27.07.2023

[136] “Calculation Report Bolted connection Rotor Hub to Blade Flange Bearing EP5-ROH-04 to 3RD-m18-z166-143-h320 Ultimate and Fatigue Strength”,
Dokument Nr. D03020129, Revision 0.1, vom 29.05.2024

1.1.17.2 Rotornabe – Rotorträger – Generatorrotor

[137] “Calculation Report ENERCON Wind Energy Converter E-175 EP5 Bolted Connection Rotor Carrier to Rotor Hub Ultimate and Fatigue Strength”,
Dokument Nr. D02911261, Revision 0.2, vom 07.07.2023

[138] “Calculation Report Bolted Connection Rotor Support EP5-RS-02 to Rotor Hub EP5-ROH-04 Ultimate and Fatigue Strength”,
Dokument Nr. D02930451, Revision 2.0, vom 19.09.2025

1.1.17.3 Achszapfen – Stator Grundrahmen – Maschinenträger

[139] “Calculation Report ENERCON Wind Energy Converter E-175 EP5 BC Main Carrier – Bearing Carrier Ultimate and Fatigue Strength”,
Dokument Nr. D02900471, Revision 0.0, vom 13.06.2023

[140] “Calculation Report Bolted connection Main Carrier to Axle Pin EP5-MC-02 to EP5-AP-01 Ultimate and Fatigue Strength”,
Dokument Nr. D02929552, Revision 2.0, vom 17.09.2025

1.1.17.4 Turmkopfflansch – Azimutlager – Maschinenträger

[141] “Calculation Report ENERCON Wind Energy Converter E-175 EP5 & E-175 EP5 E2 Bolted Connection - Yaw Bearing and Tower Head Flange”, only bolted joints are in the scope of this report,
Dokument Nr. D02891599, Revision 1.1, vom 02.06.2023

1.1.18 Lastvergleich

[142] “Calculation Report ENERCON Wind Energy Converter E-175 EP5 E1 Load Comparison Ultimate and Fatigue Strength”,
Dokument Nr. D02936679, Revision 3.0, vom 02.12.2025

[143] “Design Statement ENERCON Wind Energy Converter E-175 EP5 Description of taken over components – load comparison”,
Dokument Nr. D02973249, Revision 0.0, vom 18.12.2023

[144] “Calculation Report ENERCON Wind Energy Converter E-175 EP5 E2 Load Comparison Ultimate and Fatigue Strength”,
Dokument Nr. D03035803, Revision 2.0, vom 09.12.2025

[145] “Calculation Report ENERCON Wind Energy Converter E-175 EP5 E2 Parameters and fatigue loads for site load evaluation with MeLA”,
Dokument Nr. D03050104, Revision 0.2, vom 18.07.2024

1.1.19 Generator-Stator Verkleidung

GE-01-02

[146] "Calculation Report Stator casing E-175 EP5 E2 - GE-01-02 Ultimate Strength”,
Dokument Nr. D03186840, Rev. 0.2, vom 29.09.2025

[147] "casing segment stator casing P1 0930 left top”,
Zeichnung Nr. D03079211, Rev. 0.0, vom 04.06.2025

[148] "casing segment stator casing P1 1030 left top”,
Zeichnung Nr. D03079253, Rev. 0.0, vom 04.06.2025

[149] "casing segment stator casing P1 1130 left top”,
Zeichnung Nr. D03079256, Rev. 0.0, vom 04.06.2025

[150] "casing segment stator casing P1 0030 right top”,
Zeichnung Nr. D03079259, Rev. 0.0, vom 04.06.2025

[151] "casing segment stator casing P1 0130 right top”,
Zeichnung Nr. D03079263, Rev. 0.0, vom 04.06.2025

[152] "casing segment stator casing P1 0230 right top”,
Zeichnung Nr. D03079273, Rev. 0.0, vom 04.06.2025

[153] "casing segment stator casing P2 0830 left bottom”,
Zeichnung Nr. D03079280, Rev. 0.0, vom 04.06.2025

[154] "casing segment stator casing P2 0730 left bottom”,
Zeichnung Nr. D03079283, Rev. 0.0, vom 04.06.2025

[155] "casing segment stator casing P2 0630 left bottom”,
Zeichnung Nr. D03079287, Rev. 0.0, vom 04.06.2025

[156] "casing segment stator casing P2 0530 right bottom”,
Zeichnung Nr. D03079294, Rev. 0.0, vom 04.06.2025

[157] "casing segment stator casing P2 0430 right bottom”,
Zeichnung Nr. D03079298, Rev. 0.0, vom 04.06.2025

[158] "casing segment stator casing P2 0330 right bottom”,
Zeichnung Nr. D03079301, Rev. 0.0, vom 04.06.2025

1.1.20 Luftspaltstabilität

[159] “Calculation Report Generator unit / E-175 E2 EP5-GU-01 Air gap assessment”,
Dokument Nr. D03034986, Revision 0.0, vom 13.06.2024

1.2 Eingesehene Dokumente

Folgende Dokumente, sofern nicht anders angegeben von ENERCON Global GmbH erstellt, wurden im Rahmen der Evaluierung zusätzlich herangezogen:

Kontruktionsbasis

[160] “Design Base E-175 EP5 E1 / E-175 EP5 E2”,
Dokument Nr. D02833990, Revision 0.5, vom 17.10.2024

[161] “Konstruktionsbasis Cold Climate Anlagen”,
Dokument Nr. D0666243, Revision 6.2, vom 17.10.2024

Lastdokumente

[162] Datenträgerdatei: “D02832581_0.1_E175 EP5;LL03 SC; WCII TCA 8.5-2; Machine loads HP++.zip”,
MD5 checksum: 7411058568ae2f11bea4ddaee3d38242

[163] Datei “D02938082_0.0_de-en_Calculation_E175 EP5; Mx Hub; Single blade assembly loads.xlsx”,
MD5 checksum: 4a7b5ea159ff89b1dbfe9b9437ba62bc

[164] “Technical specification Load preparation pitch system E-175 EP5 and E-175 EP5 E2”,
Dokument Nr. D02737837, Revision 1.0, vom 20.04.2023

[165] “Calculation Load preparation main bearing E-175 EP5”,
Dokument Nr. D02799163, Revision 0.1, vom 21.04.2023

[166] “Lastaufbereitung Azimutverstellsystem E-175 EP5 und E-175 EP5 E2”,
Dokument Nr. D02789804, Revision 0.1, vom 21.04.2023

[167] Datenträgerdatei: “ D02985043_2.0_de-en_Calculation_E-175 EP5 E2; LL03 WCII TCA 8.5-2; Machine loads.zip ”
MD5 checksum: C8CFF93C8379A227FDD995F25A5D08B0

[168] “L160 P5500 T143M2 AND T140M2 BLM6 IEC IIIA & DIBT WZ2 GK2 - Design Loads”,
Dokument No. M00-C2-40-050357, Revision 00, vom 25.08.2020

[169] Datenträgerdatei: “D02985043_3.0_E-175 EP5 E2; LL03 WCII TCA 8.5-2; Machine loads.zip”,
MD5 checksum: 37E67861C47776EC5F46BBE5FB42A7A3

Generelle Spezifikationen

[170] “Specification Strength assessment methods Cast iron and non-welded steel parts”,
Dokument Nr. D02696435, Revision 0.2, vom 18.07.2023

[171] “Spezifikation MK 02 004 – Qualitätssicherung Sphärogussteile”,
Dokument Nr. D0246506, Revision 3, vom 17.03.2023

[172] “MK 01 009 – Stahlbauteile”,
Dokument Nr. D0586805, Revision 9.0, vom 11.05.2022

[173] “Specification Strength assessment methods Welded steel parts”,
Dokument Nr. D02873889, Revision 0.1, vom 21.07.2023

[174] “Investigation Request Further design/certification requirements for welding drawings”,
Dokument Nr. IR00108965, Revision 0, vom 30.08.2023

[175] “Technische Spezifikation MK 06 005 – 8.1: Montagevorgaben für Schraubenverbindungen im Maschinenbau”,
Dokument Nr. D0204747, Revision 8.1, vom 18.04.2023

[176] “Technical specification MK 06 005 – 9.2: Assembling standards for screw connections in mechanical engineering”,
Dokument Nr. D0977320, Revision 9.0, vom 12.04.2024

[177] “Spezifikation MK 06 000 - 9 Safety-relevant fasteners”,
Dokument Nr. D0203293, Revision 9, vom 14.02.2024

Gutachtliche Stellungnahmen

[178] “Evaluation Report Wind Turbine Platform LP4 / EP5 - Machinery Components -”,
erstellt von TÜV NORD,
Dokument Nr. 8114242475-4 E, Revision 15, vom 10.10.2022

[179] “Evaluation Report Wind Turbine Platform ENERCON EP5 - Machinery Components -”,
erstellt von TÜV NORD,
Dokument Nr. 8119201822-4 E, Revision 3, vom 02.02.2023

[180] “GUTACHTLICHE STELLUNGNAHME Windenergieanlagen ENERCON EP5 - Maschinenbauliche Komponenten -”, erstellt von TÜV NORD,
Dokument Nr. GS-8119201822-004-001, Revision 04, vom 27.11.2023

[181] “Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion - Lastannahmen Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E1 Rotorblatt E-175 EP5-RB-01 hier: Maschinenbau- und Rotorblattlasten”, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Dokument Nr. 3743008-9-d-1, Revision 4, vom 29.07.2025

[182] “Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion - Lastannahmen Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E2 Rotorblatt E175 EP5-RB-01 hier: Maschinenbau- und Rotorblattlasten”, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Dokument Nr. 4011309-17-d-1, Revision 2, vom 27.10.2025

[183] “Evaluation Report Design Basis Evaluation Wind Turbine ENERCON E-175 EP5 Hub heights 112 m, 132 m, 140 m, 162 m, 175 m Rotor Blade Type E-175 EP5-RB-01 for WT-class S”, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Dokument Nr. 3743008-1-e-0, Revision 3, vom 06.17.2023

[184] “Design Evaluation Report – Load Assumptions Wind Turbine ENERCON / Lagerwey E-160 EP5 E2 – 5500 kW Rotor Blade Type LM 78.3 P Gen B 140 m and 143 m hub height above ground level WT class IIIA and wind zone 2, terrain category II”, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Dokument Nr.3327372-1-e, Revision 1, vom 31.03.2021

Maschinenbauliche Komponenten

1.2.1 Blattlager

[185] “Technical specification Pitch bearing 3RD-m18-z166-h293”, Dokument Nr. D02737825, Revision 4.0, vom 23.04.2024

[186] “blade flange bearing 3RD-m18-z166-143-h293 Blattflanschlager 3RD-m18-z166-143-h293”, Zeichnung Nr. D02756263, Revision 7.0, vom 23.04.2024

[187] “Operator’s manual Roller slewing ring ROD03340-045DJ18-001”, erstellt von LIEBHERR, Dokument Nr. -, Revision 00, vom 12.07.2023 Enercon Nr. D02931373, Revision 0.0

[188] “Instruction for Installation, Maintenance and Greasing of Slewing Bearing”, erstellt von TMB, Dokument Nr. TM03.1-535-2023, Revision 01/0, vom 21.07.2023 Enercon Nr. D02931375, Revision 0.0

[189] “Technical specification Pitch bearing 3RD-m18-z166-h320”, Dokument Nr. D02977902, Revision 2.0, vom 07.05.2024

[190] “Technical specification Load preparation pitch system E-175 EP5 E2”, Dokument Nr. D02950604, Revision 0.0, vom 06.03.2024

[191] “blade flange bearing 3RD-m18-z166-143-h320”, Zeichnung Nr. D03008964, Revision 1.0, vom 06.05.2024

1.2.2 Blattverstellantrieb

[192] “Technical specification Supplement to pitch gear specification E-175 EP5; E-175 EP5 E2”, Dokument Nr. D02787600, Revision 1.0, vom 20.04.2023

[193] “Requirements Specification Pitch Motor 45/180”,
Dokument Nr. D02735048, Revision 2.0, vom 07.02.2024

[194] “Assembly instructions Slewing gear drive DAT 400/4445”, erstellt von LIEBHERR,
Dokument Nr. -, Revision 01, vom 12.12.2022
Enercon Nr. D02922995, Revision 0.0

[195] “Maintenance manual Slewing gear drive DAT 400/4445”, erstellt von LIEBHERR,
Dokument Nr. -, Revision 01, vom 12.12.2022
Enercon Nr. D02923012, Revision 0.0

[196] “Slew drives for yaw and pitch drives for wind turbines”, erstellt von Bonfiglioli,
Dokument Nr. MAN_serie700TW_FL_IS, Revision 1.8, vom 04.07.2023

[197] “pitch gear m18-z14-b150-i240 Blattverstellgetriebe m18-z14-b150-i240”,
Zeichnung Nr. D02689749, Revision 2.0, vom 03.11.2022

[198] “Technical specification Pitch gear m18-z14-b150-i240”,
Dokument Nr. D02675126, Revision 2.0, vom 10.11.2022

[199] “Technical specification Supplement to pitch gear specification E-175 EP5 E2”,
Dokument Nr. D02996049, Revision 0.0, vom 06.03.2024

1.2.3 Blattarretierung

1.2.4 Rotorlager

[200] “Technical specification Main bearing E-175 EP5 HP++”,
Dokument Nr. D02780289, Revision 1.1, vom 16.02.2023

[201] “taper roller bearing 1-d1720-D2200-B270 Kegelrollenlager 1-d1720-D2200-B270”,
Zeichnung Nr. D02713698, Revision 0.0, vom 29.06.2022

[202] “nacelle E-175 EP5 Gondel E-175 EP5”,
Zeichnung Nr. D02769354, Revision 0.0, vom 27.09.2022

[203] “rotor bearing unit Overview E-175 EP5 Rotorlagereinheit Übersicht E-175 EP5”,
Zeichnung Nr. D02826958, Revision 1.0, vom 08.09.2025

[204] “Technical specification Main bearing E-175 EP5 E2”,
Dokument Nr. D02781944, Revision 5.1, vom 14.02.2024

[205] “Technical specification Load preparation main bearing E-175 EP5 E2”,
Dokument Nr. D02825649, Revision 1.1, vom 06.05.2024

[206] “taper roller bearing 1-d1690-D2260-B270”,
Zeichnung Nr. D02845303, Revision 1.1, vom 20.11.2023

[207] “taper roller bearing 1-d1800-D2200-B210”,
Zeichnung Nr. D02845394, Revision 1.1, vom 20.11.2023

[208] “rotor bearing unit Overview E-175 EP5 E2”,
Zeichnung Nr. D02844561, Revision 0.0, vom 11.03.2024

[209] “Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach EN 10204 Inspection certificate 3.1 according to EN 10204”, erstellt von FAG,
Dokument Nr. 001/ 2024, Revision -, vom 2024-10-10

[210] “Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach EN 10204 Inspection certificate 3.1 according to EN 10204”, erstellt von FAG,
Dokument Nr. 002/ 2024, Revision -, vom 2024-10-14

[211] “Inquiry from TÜV Süd regarding certification documents”, erstellt von FAG,
Dokument Nr. -, Revision -, vom 2025-12-06

[212] “Change of tolerance fits main bearing for Enercon EP5 / LP4 / LP2”, erstellt von Schaeffler Technologies AG & Co. KG,
Dokument Nr. -, Revision -, vom 17.07.2025
Enercon Nr. D03169907, Revision 0.0

[213] Datei “D03169921_0.0_en_Statement_Statement on main bearing for fit exchange of the cast parts (EP5, LP4, LP2, PSL).pdf”, erstellt von thyssenkrupp rothe erde,
Dokument Nr. -, Revision -, vom 18.06.2025
Enercon Nr. D03169921, Revision 0.0

[214] “Evaluation modification of fit seating of main bearing E-160 EP5 E3 R1 and E-175 EP5”, erstellt von Liebherr-Components Biberach GmbH,
Dokument Nr. -, Revision -, vom 16.06.2025
Enercon Nr. D03175648, Revision 0.0

1.2.5 Azimutlager

[215] “Technical specification Yaw bearing 3RD-m22-z168i-b210”,
Dokument Nr. D02735233, Revision 1.0, vom 15.12.2022

[216] “Technical specification Supplement to yaw bearing specification E-175 EP5 and E-175 EP5 E2”,
Dokument Nr. D02869147, Revision 0.3, vom 09.05.2023

[217] “yaw bearing 3RD-m22-z168-b210 Azimutlager”,
Zeichnung Nr. D02758145, Revision 0.2, vom 14.12.2023

[218] “Operator’s manual Roller slewing ring ROD03993-032DJ18-001”, erstellt von LIEBHERR,
Dokument Nr. 13827329, Revision 00, vom 30.06.2023

[219] “Instruction for Installation, Maintenance and Greasing of Slewing Bearing”, erstellt von TMB,
Dokument Nr. TM03.1-535-2023, Revision 01/0, vom –

[220] “Technical specification Supplement to yaw bearing specification E-175 EP5 E2”,
Dokument Nr. D03003400, Revision 0.0, vom 06.03.2024

1.2.6 Azimutantrieb

[221] “Technical specification Supplement to yaw gear specification E-175 EP5 and E-175 EP5 E2”,
Dokument Nr. D02869454, Revision 0.0, vom 21.03.2023

[222] “Requirements Specification NG-Yaw Motor (soft brake)”,
Dokument Nr. D02581962, Revision 1.0, vom 14.03.2024

[223] “yaw gear m22-z12-b214-i1588 Azimutgetriebe m22-z12-b214-i1588”,
Zeichnung Nr. D02284188, Revision 0.3, vom 29.09.2021

[224] “Technical specification Yaw Gear m22-z12-b214-i1588”,
Dokument Nr. D02219255, Revision 2.0, vom 15.07.2022

[225] “Load preparation yaw drive system E-175 E2”,
Dokument Nr. D03002104, Revision 0.2, vom 08.05.2024

1.2.7 Azimutbremse

Keine Dokumente

1.2.8 Kühlsystem

[226] “Technische Beschreibung ENERCON Windenergieanlage E-175 EP5 Kühlsysteme”,
Dokument Nr. D02915399, Revision 0.1, vom 23.06.2023

[227] “Technische Beschreibung ENERCON Windenergieanlage E-175 EP5 E2 Kühlsysteme”,
Dokument Nr. D02931369, Revision 2.0, vom 30.08.2024

[228] “Technical specification generator cooling fan EP5”,
Dokument Nr. D02784722, Revision 1.0, vom 15.12.2022

[229] “Technical specification EP5 R1 Design specification filter & air duct”,
Dokument Nr. D02815162, Revision 0.1, vom 26.01.2023

[230] “Technical specification generator intakes top side EP5”,
Dokument Nr. D02912279, Revision 0.0, vom 21.06.2023

[231] “EP5; Design specification cooling fans E-nacelle”, erstellt von Lagerwey”,
Dokument Nr. M02-C5-30-10952-R1, Revision R1, vom 24.03.2021
Enercon Nr. D02313010, Revision 0.0

[232] “EP5 Design specification nacelle cooling inlet”, erstellt von Lagerwey”,
Dokument Nr. M02-C5-30-10980-R0, Revision R0, vom 24.03.2021
Enercon Nr. D02313012, Revision 0.0

[233] “E-175 EP5 E2 (Herstellererklärung) Wirkleistungsabhängigkeit von Temperatur und Druck”,
Dokument Nr. D03056504, Revision 1.0, vom 18.09.2024

1.2.9 Schmiersystem

[234] “Change Notification CO01005839/0 E-175 EP5 Hub - Grease pan”,
Dokument Nr. D02831605, Revision 0.0, vom 13.06.2023

1.2.9.1 Azimutlager

[235] “Technical specification Zentralschmiereinheit / 6-20-1-BEM-S-Eth-02”,
Dokument Nr. D02700991, Revision 0.1, vom 05.09.2022

[236] “centralized lubricating system Zentralschmiereinheit 6-20-1-BEM-S-Eth-02”,
Zeichnung Nr. D02757557, Revision 1.0, vom 29.05.2024

[237] “Technical specification Zentralschmiereinheit / 4-2-1-AG11-S-Eth-02”,
Dokument Nr. D02753456, Revision 0.1, vom 05.09.2022

[238] “centralized lubricating system Zentralschmiereinheit 4-2-1-AG11-S-Eth-02”,
Zeichnung Nr. D02757569, Revision 0.0, vom 08.09.2022

1.2.9.2 Blattlager

[239] “Technical specification Centralized lubrication system 4-3-1-AG11-R-Eth-03”, Dokument Nr. D02912701, Revision 0.0, vom 23.06.2023

[240] “centralized lubricating system Zentralschmiereinheit 4-3-1-AG11-R-Eth-02”, Zeichnung Nr. D02910699, Revision 0.0, vom 23.06.2023

[241] “Technical specification Centralized lubrication system / 20-54-4-BEM-R-Eth-01”, Dokument Nr. D02912708, Revision 0.1, vom 08.09.2023

[242] “centralized lubricating system Zentralschmiereinheit 20-54-4-BEM-R-Eth-01”, Zeichnung Nr. D02910794, Revision 0.1, vom 23.06.2023

[243] “Technical specification centralized lubrication system / 40-61-5-BEM-R-Eth-01”, Dokument Nr. D03021761, Revision 0.0, vom 06.05.2024

[244] “centralized lubricating system Zentralschmiereinheit 40-61-5-BEM-REth-01”, Zeichnung Nr. D03025272, Revision 0.0, vom 22.05.2024

Strukturkomponenten

1.2.10 Rotornabe

Keine Dokumente

1.2.11 Rotorarretierung

[245] “Certification Report ENERCON Wind Energy Converter E-160 EP5 E3 R1 Generator Locking Device Ultimate Strength”,
Dokument Nr. D02811343, Revision 1.0, vom 30.10.2025

[246] “Certification Report ENERCON Wind Energy Converter E-160 EP5 E3 R1 Generator Locking Device FEA”,
Dokument Nr. D02811342, Revision 1.0, vom 19.12.2023

[247] “CCS-3821605-40-e-4-9_rev-5_Enercon_E175_DE_StructureLoadComparsion_EC-comments_2024-01-22__CLOSED.docx”, erstellt von TÜV SÜD,
Dokument Nr. CCS-3821605-40-e-4-9, Revision 5, vom 22.01.2024

[248] “Parts List D03120849/2.0 Drawing D03076589 / 2.0”,
Dokument Nr. D03076569, Revision 2.0, vom -

[249] “Parts List D03120954/2.0 Drawing D03076592/ 2.0”,
Dokument Nr. D03076571, Revision 2.0, vom -

1.2.12 Generatorrotor

[250] “SA of the EP5-E160-E2 Rotor Frame”, erstellt von Lagerwey,
Dokument Nr. M03-C2-40-000743, Revision R5, vom 28.11.2025
Enercon Nr. D03207143, Revision 0.0

[251] “Certification Comments Sheet (CCS), ENERCON | E-175 | E2 | DE | Generator Steel Structure and Air Gap Stability”, erstellt von TÜV SÜD,
Dokument Nr. CCS-3821605-40-e-4-12, Revision 6, vom 15.07.2025

[252] “E-175 EP5 E2 Generator – Beschichtungsprozess” (Technische Präsentation),
Dokument Nr. D03165404, Revision 4.0, vom 08.10.2025

1.2.13 Stator Grundrahmen

[253] “Certification Report ENERCON Wind Energy Converter E-160 EP5 E3 R1 Stator Base Frame Strength Analyses (SA)”,
Dokument Nr. D02814930, Revision 1.0, vom 05.12.2023

[254] “D02964710_0.0_en_Bill of material_Part list of D02593921-2.0 (SAP166810).xls”,
MD5 checksum: 8913EC60CC00B349729F3B815086B337

[255] “D02965274_0.0_en_Bill of material_Part list of D02593724-2.0 (SAP1066809).xls”,
MD5 checksum: DE4164545F851CD77AAC963CAD091100

[256] “Spezifikation MK 01 009-3 Stahlbauteile”,
Dokument Nr. D0261037, Revision 3, vom 02.07.2013

1.2.14 Hauptlagereinheit

[257] “SA of EP5-E160-E2 main bearing assembly”, erstellt von Lagerwey,
Dokument Nr. M03-C2-40-000739, Revision R5, vom 28.11.2025
Enercon Nr. D03207132, Revision 0.0

[258] File “Casting_quality2.pdf”,
MD5 checksum: E1579FD3C6AB41020E9983C22DD2657C

[259] File “Casting_quality3.pdf”,
MD5 checksum: 0906967D07B9C6E22E76AC5DD3382CF4

1.2.15 Maschinenträger

Keine Dokumente

1.2.16 Turmkopfflansch

Keine Dokumente

1.2.17 Schraubverbindungen

[260] “Specification Strength assessment methods Bolt connections”,
Dokument Nr. D02731341, Revision 1.2, vom 20.09.2023

[261] “Experimentelle Untersuchung zur Ermittlung der Haftreibungszahl in der Trennfuge”, erstellt von Fraunhofer IGP
Dokument Nr. P-Fh-AGP-1803-014, Revision 01, vom 16.08.2018
Enercon Nr. D0735484, Revision 0.1

1.2.17.1 Rotorblatt – Blattlager – Rotornabe

[262] “blade connection blade flange machined Blattanschluss Blattflansch bearbeitet”,
Zeichnung Nr. D02880756, Revision 0.0, vom 04.05.2023

1.2.17.2 Rotorträger – Generatorrotor

[263] “SA of EP5-E160-E2 main bearing bolted connections”, erstellt von Lagerwey,
Dokument Nr. M03-C2-40-000741, Revision R1, vom 11.11.2025
Enercon Nr. D03199179, Revision 0.0

1.2.17.3 Achszapfen – Stator Grundrahmen – Maschinenträger

[264] “stud bolt Gen to Nac double end stud M42 10.9 HDG”,
Zeichnung Nr. D02815223, Revision 0.0, vom 29.03.2023

[265] “stud bolt RBU to Nac double end stud M42 10.9 HDG”,
Zeichnung Nr. D02911963, Revision 0.0, vom 22.06.2023

1.2.17.4 Schraubparameter für über-elastisch angezogene Schrauben

[266] “Technische Spezifikation Schraubparameter WEA: E-175 EP5 Schraubverbindung: Blattlager – Rotornabe”,
Dokument Nr. D02978813, Revision 0.2, vom 16.01.2024

[267] “Spezifikation Schraubparameter für Schraubverbindung WEA: E-115 EP3 E4, E-138 EP3 E3, E-160 EP5 E3 R1, E-175 EP5 Schraubverbindung: Azimutgetriebe – Maschinenträger”,
Dokument Nr. D02498397, Revision 2.0, vom 06.12.2023

[268] “Spezifikation Schraubparameter für Schraubverbindung WEA: E-160 EP5 E3, E-160 EP5 E3 R1, E-115 EP3 E4, E-138 EP3 E3, E-175 EP5, E-175 EP5 E2 Schraubverbindung: Azimutlager – Maschinenträger ”,
Dokument Nr. D02249831, Revision 3.0, vom 16.06.2023

[269] “Technische Spezifikation Schraubparameter WEA: E-147 EP5 E2, E-160 EP5 x, E-175 EP5 Schraubverbindung: Achsdeckel - Achszapfen”,
Dokument Nr. D03000943, Revision 0.1, vom 27.02.2024

1.2.18 Lastvergleich

[270] “Load Comparison for EP5 Pitch Gearbox”,
Dokument Nr. D03098699, Revision 0.1, vom 2025-02-06

2 Grundlagen der Evaluierung

2.1 Angewendete Standards

Die Evaluierung der Dokumente erfolgte gemäß folgender Normen und Richtlinien:

/1/ IECRE OD-501:2022 Ed. 3.0 “Type and Component Certification Scheme (wind turbines)”

/2/ DIN EN 61400-22:2011 “Windenergieanlagen – Teil 22: Konformitätsprüfung und Zertifizierung (IEC 61400-22:2010); Deutsche Fassung EN 61400-22:2011”

/3/ DIN EN IEC 61400-1:2019 „Windenergieanlagen – Teil 1 Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2019); Deutschen Fassung EN IEC 61400-1:2019

/4/ “Richtlinie für Windenergieanlagen”, herausgegeben vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt), Ausgabe Oktober 2012IBt 2012 “Richtlinie für Windenergieanlagen, korrigierte Version 2015”

2.2 Zusätzliche Standards

Zur Evaluierung wurden zusätzlich folgende Normen und Richtlinien herangezogen:

/5/ ISO 6336-1:2006 “Calculation of load capacity of spur and helical gears – Part 1: Basic principles, introduction and general influence factors”

/6/ ISO 6336-2:2006 “Calculation of load capacity of spur and helical gears – Part 2: Calculation of surface durability (pitting)”

/7/ ISO 6336-3:2006 “Calculation of load capacity of spur and helical gears – Part 3: Calculation of tooth bending strength”

/8/ ISO 6336-5:2016 “Calculation of load capacity of spur and helical gears – Part 5: Strength and quality of materials

/9/ ISO 6336-6:2006 “Calculation of load capacity of spur and helical gears – Part 6: Calculation of service life under variable load”

/10/ ISO 76:2006 “Rolling bearings – Static load ratings”

/11/ ISO 281:2007 “Rolling bearings; Dynamic load ratings and rating life”

/12/ DIN 743-1:2012 “Tragfähigkeitsberechnung von Wellen und Achsen – Teil 1: Grundlagen”

/13/ EN ISO 898-1:2013 “Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel - Part 1: Bolts, screws and studs with specified property classes - Coarse thread and fine pitch thread”

/14/ VDI 2230:2015 Part 1 “Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen Zylindrische Einschraubenverbindungen”

/15/ VDI 2230:2014 Part 2 “Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen Mehrschraubenverbindungen”

/16/ 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:2018

/17/ DIN EN 1993-1-8:2010 + NA:2010 “Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Bemessung von Anschlüssen”

/18/ DIN EN 1993-1-9:2010 + NA:2010 “Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Ermüdung”

/19/ DIN EN 1993-1-10:2010 + NA:2010 “ Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung”

/20/ DIN EN 1563:2012 “Gießereiwesen – Gusseisen mit Kugelgraphit; Deutsche Fassung EN 1563:2011”

/21/ DIN EN 10025-3:2005 “Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 3: Technische Lieferbedingungen für normalgeglühte/normalisierend gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle; Deutsche Fassung EN 10025-3:2004”

/22/ DIN EN 10083-3 “Vergütungsstähle –Teil 3: Technische Lieferbedingungen für legierte Stähle; Deutsche Fassung EN 10083-3:2006”

/23/ 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”

/24/ DIN EN 14399-6:2015 “Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubverbindungen für den Metallbau – Teil 6: Flache Scheiben mit Fase; Deutsche Fassung EN 14399-6:2015”

/25/ “Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile aus Stahl, Eisenguss- und Aluminiumwerkstoffe”, 6. Ausgabe, VDMA Verlag, 2012

/26/ H. Gudehus and H. Zenner, “Leitfaden für eine Betriebsfestigkeitsrechnung“, 4te Ausgabe, Stahleisen GmbH, 1999

/27/ DIN EN 50308:2005 „Wind turbines – Protective measures – Requirements for design, operation and maintenance; German version EN 50308:2004“

/28/ OSHA Part 1926 “Safety and Health Regulations for Construction”

3 Beschreibung

3.1 Eigenschaften

Die Windenergieanlage Enercon E-175 EP5 E1 und E-175 EP5 E2 haben folgende Eigenschaften hinsichtlich der maschinenbaulichen Strukturen und der maschinenbaulichen Komponenten:

Typ der Windenergieanlage:	Direktgetrieben, horizontale Achse
Pitchdrehverbindung:	Dreireihige Rollendrehverbindung, elektromechanisch
Rotorlager:	Zwei einreihige Kegelrollenlager in “O”-Anordnung
Rotorbremse:	Generator-E-Bremse
Azimutdrehverbindung:	Dreireihige Rollendrehverbindung, 8 elektromechanische Azimutantriebe

Tabelle 1: Eigenschaften der Windenergieanlage

3.2 Lastannahmen

Die Extremlasten und Betriebsfestigkeitslasten für die Komponenten der Windenergieanlagen Enercon E-175 EP5 E1 und E-175 EP5 E2 sind in den entsprechenden Excel-Tabellen (Tabelle 2) definiert.

Für den Nachweis einiger maschinenbaulichen Komponenten wurden die Lastspezifikationen [164] bis [166] verwendet. Die Lastspezifikationen [164] bis [166] stimmen mit den Excel-Tabellen aus 0 überein.

Die Lastannahmen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Varianten der Windenergieanlage	Lastannahme(n)	Evaluierung der Lastannahmen
E-175 EP5 E1	Datenträgerdatei D02832581_0.1 [162] Lasten der Einzelblattmontage D02938082_0.0 [163]	3743008-9-d-1 Rev. 4 [181]
E-175 EP5 E2	Datenträgerdatei D02985043_3 [169] Lasten der Einzelblattmontage D02938082_0.0 [163]	4011309-17-d-1 Rev. 2 [182]

Tabelle 2: Lastannahmen

3.3 Umweltbedingungen

Gemäß der Konstruktionsbasis für kaltes Klima [161] werden die Komponenten der Windenergieanlagen für Kaltklimabedingungen mit Betriebstemperaturen bis zu -30°C (-40°C mit reduzierter Leistung) und Überlebenstemperaturen bis zu -40°C nachgewiesen. In der Konstruktionsbasis [160] ist die Obergrenze der Betriebstemperatur und die Überlebenstemperatur auf +40°C bzw. +50°C festgelegt.

4 Umfang der Evaluierung

Die eingereichten Dokumente zur Konstruktion wurden im Hinblick auf die Normen und Richtlinien in Kapitel 2 dieser Stellungnahme und die Konstruktionsbasis [160] und [161] evaluiert.

Die folgenden Komponenten waren Teil der Evaluierung:

Maschinenbauliche Komponenten

1. Blattlager
2. Blattverstellantrieb
3. Blattarretierung
4. Rotorlager
5. Azimutlager
6. Azimutantrieb
7. Azimutbremse
8. Kühlsystem
9. Schmiersystem

Strukturkomponenten

10. Rotornabe
11. Rotorarretierung
12. Generatorrotor
13. Generator-Stator (Stator Grundrahmen)
14. Hauptlagereinheit
    - Rotorträger (Hauptlagergehäuse)

- Achszapfen (Hauptlagerträger)
- Achsdeckel (Pressring)

15. Maschinenträger
16. Turmkopfflansch
17. Schraubverbindungen
    - Blattlager – Rotornabe
    - Rotornabe – Rotorträger
    - Achszapfen – Stator Grundrahmen – Maschinenträger
    - Rotorträger – Generatorrotor (E1)
    - Rotorträger – Rotorarretierungsscheibe (E2)
    - Rotorarretierungsscheibe – Generatorträger (E2)
    - Achszapfen – Achsdeckel
    - Turmkopfflansch – Azimutlager – Maschinenträger
    - Maschinenhausverkleidung (E-Nacelle) – Maschinenträger

Die vorgelegten Zeichnungen wurden auf Übereinstimmung mit den Annahmen der Berechnung evaluiert.

Die vorgelegten Spezifikationen wurden auf Übereinstimmung mit den verwendeten Lasten

Die Evaluierung der Zusammenbau- und Transportbedingungen war nicht Bestandteil der Evaluierung.

5 Bemerkungen

Die maschinenbaulichen Komponenten und Strukturen wurden vom Hersteller entsprechend der Konstruktionsbasis [160] und [161] nachgewiesen. Die Konstruktionsbasis wurde von TÜV SÜD in [183] evaluiert.

Wenn nicht anders angegeben, wurden die eingereichten Nachweise durch Vergleichsrechnung auf Richtigkeit und Vollständigkeit und auf Übereinstimmung mit der Konstruktionsbasis evaluiert.

Wenn nicht anders angegeben, können die in den vorgelegten Nachweisen angegebenen rechnerischen Restsicherheiten im Rahmen der üblichen technischen Abweichungen bestätigt werden. Künftige Lastvergleiche für die Komponenten sind auf der Grundlage der ursprünglichen Nachweise durchzuführen.

Wenn nicht anders angegeben, entsprechen die in den Spezifikationen der Komponenten angegebenen Lasten den in Kapitel 3.2 genannten Lastspezifikationen. Wenn Markov-Matrizen oder Zeitreihen für die Evaluierung verwendet wurden, wurden sie auf Übereinstimmung mit der DEL (Damage Equivalent Load) der Lastspezifikation in Kapitel 3.2 evaluiert.

Die synthetischen Wöhlerlinien wurden basierend auf der Spezifikation [170] ermittelt.

Die vorgelegten Zeichnungen wurden auf Übereinstimmung mit den Annahmen der Berechnung evaluiert. Die vorgelegten Spezifikationen wurden auf Übereinstimmung mit den relevanten Parametern der Berechnungen überprüft.

Die Anforderungen an die Herstellungsprozesse, die zum Erreichen der im Rahmen der Konstruktion angenommene Qualität erforderlich sind, werden als geeignet angesehen.

Eine Übersicht über die evaluierten Komponenten findet sich im Anhang.

Für alle evaluierten Komponenten werden im Folgenden die zugrunde liegenden Zeichnungen, Nachweise und Lasten angegeben.

5.1 Blattlager

Bezeichnung	Zeichnung	Nachweis	Lasten für Nachweis	Zus. Dokumente
Liebherr	ROD03340-045DJ18-001-000 Rev. 09.4 [3]	[1] [2]	[164]	Technische Spezifikation [185]
	ROD03354-054DJ18-001-000, Rev. 02.3 [5]	[4] [6]	[190]	Technische Spezifikation [189]
TKRE	192.45.3338.000.48.140D Rev. D [9]	[7]	[164]	Technische Spezifikation [185]
	192.55.3354.000.48.140D Rev. A [11]	[10] [12]	[190]	Technische Spezifikation [189]
TMB	B133.45.3340K, Rev. 2 [14]	[13]	[164]	Technische Spezifikation [185]
	B133.54.3355K, Rev. 1 [16]	[15]	[190]	Technische Spezifikation [189]

Tabelle 3 evaluierte Blattlager

5.2 Blattverstellantrieb

Der Elektromotor für die Blattvestellung des Lieferanten Bonfiglioli [27] entspricht den Anforderungen der Spezifikation [193].

Bezeichnung	Zeichnung	Nachweis	Lasten für Nachweis	Zus. Dokumente
Liebherr	13792637-99 Rev. 03.8 [18]	[17], [22]	[164], [190]	Technische Spezifikation [198], [199]
	13864123-99 Rev. 004 [19]			
Bonfiglioli	CD00030074, rev. B [24]	[23], [28]		
NGC	MPPB10-250-02, Rev. F [30]	[29]	[164], [190]	Technische Spezifikation [199]
Shanthi	EQ-PD-4220055, Rev. J [33]	[31], [32]		

Tabelle 4 evaluierte Blattverstellantriebe

5.3 Blattarretierung

Die Blattarretierung ist eine tragbare Wartungseinrichtung, die zur Fixierung des Blattlagers und des Rotorblattes bei Wartungsarbeiten am Pitchsystem oder beim Austausch des Blattverstellantriebs dient. Der Zusammenbau der Blattarretierung ist in [34] dargestellt.

Bezeichnung	Zeichnung	Nachweis	Lasten für Nachweis	Zus. Dokumente
Blattarretierung Zusammenbau	D03137244, rev. 2.0 [34]	[40]	[40]	-

Tabelle 5 evaluierte Blattarretierung

5.4 Rotorlager

Das Hauptlager besteht aus zwei einreihigen Kegelrollenlagern [42] und [47] in O-Anordnung. Die Innenringe sind auf dem Achszapfen [122] montiert, der mit dem Stator Grundrahmen [114] verschraubt ist, der wiederum mit dem Maschinenträger [132] verschraubt ist. Die Außenringe sind im rotierenden Lagergehäuse (Rotorträger) [121] montiert, das mit der Rotornabe [95] und auf der anderen Seite mit dem Generatorrotor [106] verschraubt ist.

Bezeichnung	Zeichnung	Nachweis	Lasten für Nachweis	Zus. Dokumente
TKRE	PSL612-402-1 Rev. 1 [42]	[41]	[165], [205]	Technische Spezifikation [200], [204]
	PSL612-484, Rev. 1 [44] PSL612-485, Rev. 1 [45]	[43]		
Liebherr	KED01970-110EO18-001-000 Rev. 02.2 [47]	[46]	[165]	Technische Spezifikation [200]
FAG	F-684071.TR1-WPOS-H113 Rev. AB [50]	[49]		
	F-685992.TR1-WPOS-H113, Rev. AB [53] F-685993.TR1-WPOS-H113, Rev. AB [54]	[51]	[205]	Technische Spezifikation [204]
TIMKEN	E-61677, Rev. A [56] E-61688, Rev. A [57]	[55]		
TMB	M1-6091K01-17, Rev. 1 [59] M1-6092K01-17 Rev. 1 [60]	[58]		
SKF	SK-LE 23-28-2/AWM, Rev. 1 [62] SK-LE 23-27-2/AWM, Rev. 1 [63] SK-LE 23-28-1/AWM, Rev. 1 [65] SK-LE 23-27-1/AWM, Rev. 1 [66]	[61], [64]		

Tabelle 6 evaluierte Rotorlager

5.5 Azimutlager

Die Spezifikation für die Azimutlager [69], [73], [76] und [79] ist im Dokument [215] enthalten.

Bezeichnung	Zeichnung	Nachweis	Lasten für Nachweis	Zus. Dokumente
TKRE	192.32.3976.000.44.150D Rev. E [69]	[70]	[166], [225]	Technische Spezifikation [215], [220]
Liebherr	ROD03993-032DJ18-001-000 Rev. 03.1 [73]	[72], [74]		
TMB	Y133.38.3993K Rev. 2 [76]	[75], [77]		
CS Bearing	Y.4.R.I.50.3678.9.01, Rev. 1 [79]	[78]		

Tabelle 7 evaluierte Azimutlager

5.6 Azimutantrieb

Der Elektromotor für die Azimutsteuerung und die Getriebemontage wurden von dem Lieferanten Bonfiglioli [89] gemäß den Anforderungen der Spezifikation [222] montiert.

Bezeichnung	Zeichnung	Nachweis	Lasten für Nachweis	Zus. Dokumente
Liebherr	13521946-99 Rev. 05.1 [81]	[80]	[166]	Technische Spezifikation [224]
	13856204-99 Rev. 02.1 [82]			
Bonfiglioli	CD00024217 Rev. - [86]	[85]		

Tabelle 8 evaluierte Azimutantriebe

5.7 Azimutbremse

Die Azimutbremse besteht aus den integrierten Motorbremsen der Azimutantriebe [89]. Der Maschinenträger bietet Platz für bis zu 12 Antriebe, die in zukünftigen Turbinenplattformen für höhere Lasten installiert werden können. Die vorgelegten Nachweise basieren auf 8 Azimutantrieben.

Bezeichnung	Zeichnung	Nachweis	Lasten für Nachweis	Zus. Dokumente
Bonfiglioli	CD00021286 Rev. A [89]	[90], [92]	[166], [225]	Lastsimulation [91]

Tabelle 9 evaluierte Azimutbremse

5.8 Kühlsystem

Das Kühlsystem der Windenergieanlage Enercon E-175 EP5 besteht aus zwei Kühlsystemen, dem Flüssigkeitskühlsystem und dem Luftkühlsystem. Die Mittelspannungskomponenten und die Leistungselektronik werden durch das Flüssigkeitskühlsystem gekühlt. Das Luftkühlsystem ist Teil des Generators und der Gondel.

Bezeichnung	Zeichnung	Nachweis	Lasten für Nachweis	Zus. Dokumente
Enercon	-	[93], [94]	-	Techn. Beschr. EP5 [226] Techn. Beschr EP5 E2 [227]

Tabelle 10 evaluierte Kühlsysteme

5.9 Schmiersystem

Die Schmierstoffversorgung der Zahnflanken wird über ein Schmierzahnrad [234] sichergestellt.

Bezeichnung	Zeichnung	Nachweis	Lasten für Nachweis	Zus. Dokumente
Enercon	D02757557 Rev. 1.0 [236]	-	-	Technische Spezifikation [235]
	D02757569 Rev. 0.0 [238]	-	-	Technische Spezifikation [237]
	D02910699 Rev. 0.0 [240]	-	-	Technische Spezifikation [239]
	D02910794 Rev. 0.1 [242]	-	-	Technische Spezifikation [241]
	D03025272 Rev. 0 [244]	-	-	Technische Spezifikation [243]

Tabelle 11 evaluierte Schmiersysteme

5.10 Rotornabe

Bezeichnung	Zeichnung	Nachweis	Lasten für Nachweis	Zus. Dokumente
EP5-ROH-02	D02941150 Rev. 6.0 [95]	[96]	[162]	Methode: [97] Lastvergleich für Betriebsfestigkeits-lasten: [142] für Lastsatz [169] Lastvergleich E2 [144] für Lastsätze [167], [168], [169]
EP5-ROH-04	D03023775 Rev. 2.0 [98]			

Tabelle 12 evaluierte Rotornabe

5.11 Rotorarretierung

Bezeichnung	Zeichnung	Nachweis	Lasten für Nachweis	Zus. Dokumente
E1: 4 Bolzen gleichzeitig im Einsatz	D02781529, Rev. 1.0 [99]	[245]	[163]	Lastvergleich [142]
E2: 4 Bolzen gleichzeitig im Einsatz	D02908840, Rev. 1.0 [104]	[100]		Technische Spezifikation [101] Lastvergleich [144]

Tabelle 13 evaluierte Rotorarretierung

5.12 Generatorrotor

Bezeichnung	Zeichnung	Nachweis	Lasten für Nachweis	Zus. Dokumente
E-175 EP5 E1	D03130401, Rev. 0.0 [106]	[250]	[162]	Lastvergleich [142] zus. Nachweise für Rotorarretierungs-lasten [247]

Bezeichnung	Zeichnung	Nachweis	Lasten für Nachweis	Zus. Dokumente
E-175 EP5 E2 (GE-01-02)	D03072150, Rev. 2.0 [108] D03103516, Rev. 2.0 [109] mit Versteifungen [110] bis [113]	[107]	[169]	Nachweis des Luftspaltes: [159] Hergestellt gemäß EXC 2 oder 3 [251] Beschichtung [252]

Tabelle 14 evaluierter Generatorrotor

5.13 Stator Grundrahmen

Die Evaluierung des E-175 EP5 E1 Stator Grundrahmens erfolgte auf der Grundlage eines Vergleichs mit dem Stator Grundrahmen [253], der in Aufbau und Belastung nahezu identisch ist und bereits in [180] von TÜV NORD evaluiert wurde.

Bezeichnung	Zeichnung	Nachweis	Lasten für Nachweis	Zus. Dokumente
E-175 EP5 E1	D03035360 Rev. 0.0 [114]	[116], [117]	[162]	Spec.: [172] to [174] Vgl.: [180], [253] Lastvergleich für Betriebsfestigkeits-lasten: [142]
	D03143813 Rev. 0.0 [115]			
E-175 EP5 E2 (GE-01-02)	D03076589, Rev. 2.0 [119] D03076592, Rev. 2.0 [120]	[118]	[167]	Nachweis des Luftspaltes: [159] Hergestellt gemäß EXC 2 oder 3 [251] Beschichtung [252]

Tabelle 15 evaluierter Stator Grundrahmen

5.14 Hauptlagereinheit

Bezeichnung	Zeichnung	Nachweis	Lasten für Nachweis	Zus. Dokumente
Rotorträger	D03180444, Rev. 0.0 [121]	[257]	[162]	Lastvergleich [142]
	D02927469, Rev 3.0 [125]	[128]	[167]	Lastvergleich E2 [144] für Lastsätze: [167], [168] S/N Kurven: [258], [259]
Achszapfen	D02799486, Rev. 1.1 [122] D03180432, Rev. 0.0 [123]	[257]	[162]	Lastvergleich [142]
	D02893745, Rev. 3.0 [126]	[128]	[167]	Lastvergleich E2 [144] für Lastsätze: [167], [168] S/N Kurven: [258], [259]

Bezeichnung	Zeichnung	Nachweis	Lasten für Nachweis	Zus. Dokumente
Achsdeckel	D03130857, Rev. 1.0 [124]	[257]	[162]	Lastvergleich [142]
	D03125254, Rev. 0.0 [127]	[129]	[167]	Lastvergleich E2 [144] für Lastsätze: [167], [168]

Tabelle 16 evaluierte Hauptlagereinheit

5.15 Maschinenträger

Bezeichnung	Zeichnung	Nachweis	Lasten für Nachweis	Zus. Dokumente
EP5-MC-02	D02833308 Rev. 2.0 [133]	[131]	[162]	Spec: [170], [171] Lastvergleich für Betriebsfestigkeits-lasten: [142] Lastvergleich E2 [144] für Lastsätze: [167], [168]

Tabelle 17 evaluierter Maschinenträger

5.16 Turmkopfflansch

Bezeichnung	Zeichnung	Nachweis	Lasten für Nachweis	Zus. Dokumente
Baustahl	D02133917 rev. 0.1 [134]	[141]	[162]	Lastvergleich E2 [144] für Lastsätze: [167], [168] Die Nachweise enthalten die oberste Turmschweißnaht

Tabelle 18 evaluierter Turmkopfflansch

5.17 Schraubverbindungen

Gemäß der Spezifikation [177] erfüllen die Schraubverbindungen die Normen der EN ISO 898-1 /13/. Außerdem wird der Charpy-Kerbschlagbiegeversuch für feuerverzinkte Schrauben bei -40 °C durchgeführt. Daher sind die Schraubverbindungen für den Einsatz in kaltem Klima geeignet.

Die Anzugsparameter für die überelastisch angezogenen Schraubverbindungen sind in den Spezifikationen [266] bis [269] angegeben.

Einzelheiten zu den evaluierten Schraubverbindungen sind im Anhang, Abschnitt 16 zu finden.

5.18 Lastvergleich

Einige Komponenten der Hauptlagerbaugruppe sowie einige anschließende Teile wurden von der Lagerwey E-160 EP5 Plattform übernommen und mit vernachlässigbaren Änderungen in die

E-175 EP5 integriert. Die entsprechenden Komponenten wurden vom TÜV NORD in [178] bis [180] evaluiert. Die Anwendbarkeit für die Lasten der E-175 EP5 wurde von ENERCON in [142] nachgewiesen. Die Migration von Lagerwey-Zeichnungen in ENERCON-Zeichnungen ist in [143] nachvollziehbar.

Die durch Lastvergleiche nachgewiesenen Komponenten sind

- Hauptlagereinheit (Innenring (Achszapfen)), Außenring (Rotorträger) und Achsdeckel (Pressring))
- Verschraubung des Achsdeckel
- Generatorrotor
- Rotorarretierungsbolzen
- Schraubverbindung des Generatorrotors mit dem Rotorträger

Die folgenden Komponenten wurden für die Verwendung im E-175 EP5 neu entworfen und von ENERCON nachgewiesen, aber die Eignung für den endgültigen einhüllenden Lasten in Bezug auf Betriebsfestigkeit wurde durch einen Lastvergleich in [142] nachgewiesen:

- Rotornabe
- Generatorstator
- Maschinenträger

Die folgenden Komponenten von E-175 EP5 E2 wurden durch Lastvergleich in [144] für die Lastsätze [167], [168] und [169] nachgewiesen:

- Schraubverbindung zwischen Rotornabe und Blattlager
- Rotornabe
- Schraubverbindung zwischen Rotornabe und Rotorträger
- Rotorträger
- Schraubverbindung am Achsdeckel
- Achszapfen
- Generatorrotor
- Stator
- Schraubverbindung zwischen Achszapfen und Maschinenträger
- Maschinenträger
- Schraubverbindung am Azimutlager
- Turmkopfflansch
- Rotorarretierung

5.19 Generator-Stator Verkleidung

Bezeichnung	Zeichnung	Nachweis	Lasten für Nachweis	Zus. Dokumente
Generator Stator Cover E-175 EP5 E2 GE-01-02	[147] - [158]	[146]	Windlasten WK II_a, Verkehrslasten	-

5.20 Luftspaltstabilität

Die Luftspaltstabilität des E-175 EP5 E2 Generators wurde in [159] nachgewiesen. Dieses Dokument wurde auf Plausibilität geprüft. Der Nachweis zeigt eine ausreichende Luftspaltstabilität, die Restsicherheiten können jedoch nicht bestätigt werden.

6 Gutachtliche Stellungnahme

Die zur Evaluierung der Konstruktion der maschinenbaulichen Komponenten und der maschinenbaulichen Strukturen vorgelegten Dokumente für die Windenergieanlagen Enercon E-175 EP5 E1 und E-175 EP5 E2 entsprechen den Anforderungen der in Kapitel 2.1 angegebenen Zertifizierungsschemas und Standards sowie der Konstruktionsbasis [160] und [161], sofern die nachstehenden Bedingungen erfüllt sind.

Die Komponenten wurden für die im Anhang aufgeführten Turbinenkonfigurationen evaluiert.

Auflagen

1. Der Korrosionsschutz der Komponenten ist in regelmäßigen Abständen, zumindest jedoch einmal jährlich zu prüfen. Im Fall von Beschädigungen ist er unverzüglich in Stand zu setzen.
2. Die Schraubverbindungen sind mit Anzugsverfahren wie in den jeweiligen Nachweisen angenommen anzuziehen. Es ist sicherzustellen, dass die in den Nachweisen angenommenen Vorspannkräfte durch die angewandten Verfahren und Anzugsmomente erreicht werden. Schraubverbindungen, die nicht überelastisch angezogen sind, müssen nach der Inbetriebnahme mindestens einmal nachgezogen werden, um Verluste in der Vorspannung aufgrund des Setzens der Kontaktflächen gemäß dem Handbuch auszugleichen.
3. Untergeordnete Komponenten, die nicht explizit in den genannten Strukturnachweisen behandelt wurden, sind derart auszulegen, dass die zulässige Beanspruchbarkeit der verwendeten Materialien nicht überschritten wird.
4. Die Auflagen der referenzierten gutachtlichen Stellungnahmen sind zu berücksichtigen.

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Abteilung Windenergieanlagen

Bewertung

M. Schmalstieg

Evaluierung

Z. Luo

Anhang: Evaluierte Komponenten

1. Blattlager

Bezeichnung	Zeichnungsnr./Rev.	Material/Typ	CCV	Anlagevariante	
				E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
Liebherr	R0D03340-045DJ18-001-000 Rev. 09.4 [3]	dreireihige Rollendrehverbindung Artikelcode 13803472	Ja	X	-
	ROD03354-054DJ18-001-000, Rev. 02.3 [5]	dreireihige Rollendrehverbindung Artikelcode 14318196		-	X
TKRE	192.45.3338.100.48.140D Rev. D [9]	dreireihige Rollendrehverbindung Materialnummer 84295150	Ja	X	-
	192.55.3354.000.48.140D, Rev. A [11]	dreireihige Rollendrehverbindung Materialnummer 84302960		-	X
TMB	B133.45.3340K, Rev. 2 [14]	dreireihige Rollendrehverbindung	Ja	X	-
	B133.54.3355K, Rev. 1 [16]			-	X

2. Blattverstellantrieb inkl. AC-Motor

Bezeichnung	Zeichnungsnr./Rev.	Material/Typ	CCV	Anlagevariante	
				E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
Liebherr	13792637-99 Rev. 03.8 [18]	mehrstufiges Planetengetriebe DAT400/4445 Artikelcode 13792637	Nein	X	X
	13864123-99 Rev. 004 [19]	mehrstufiges Planetengetriebe DAT400/4445-V1 Artikelcode 13864123	Ja	X	X

Bezeichnung	Zeichnungsnr./Rev.	Material/Typ	CCV	Anlagevariante	
				E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
Bonfiglioli	CD00030074 Rev. B [24]	mehrstufiges Planetengetriebe 711T Prod. Code JB00046381	Ja*	**X**	**X**
	CD00023060 Rev. B [27]	AC-Motor	Ja	**X**	**X**
NGC	MPPB10-250-02, Rev. F [30]	mehrstufiges Planetengetriebe	Ja	**X**	**X**
Shanthi	EQ-PD-4220055, Rev. J [33]	mehrstufiges Planetengetriebe	Ja	**X**	**X**

* Die Betriebstemperatur für den Bonfiglioli Blattvestellantrieb gilt für -30°C bis +60°C und weicht damit von der Spezifikation ab, die einen höheren Temperaturbereich (-40°C bis +60°C) fordert.

3. Blattarretierung

Bezeichnung	Zeichnungsnr./Rev.	Material/Typ	CCV	Anlagevariante	
				E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
Blattarretierung Zusammenbau	D03137244, rev. 2.0 [34]	42CrMo4+QT	N/A*	**X**	**X**

*) Die Blattarretierung wird nur bei normalen Umgebungstemperaturen angewendet. Daher nicht relevant für CCV.

4. Rotorlager

Bezeichnung	Zeichnungsnr./Rev.	Material/Typ	CCV	Anlagevariante	
				E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
TKRE	PSL612-402-1 Rev. 1 [42]	2 einreihige Kegelrollenlager in "O"-Anordnung	Ja	**X**	-
	PSL612-484, Rev. 1 [44] PSL612-485, Rev. 1 [45]		Ja	-	**X**
Liebherr	KED01970-110EO18-001-000 Rev. 02.2 [47]		Ja	**X**	-

Bezeichnung	Zeichnungsnr./Rev.	Material/Typ	CCV	Anlagevariante	
				E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
FAG	F-684071.TR1-WPO-H113, Rev. AB [50]		Ja	**X**	-
	F-685992.TR1-WPOS-H113, Rev. AB [53] F-685993.TR1-WPOS-H113, Rev. AB [54]		Ja	-	**X**
TIMKEN	E-61677, Rev. A [56] E-61688, Rev. A [57]		Ja	-	**X**
TMB	M1-6091K01-17, Rev. 1 [59] M1-6092K01-17 Rev. 1 [60]		Ja	-	**X**
SKF	SK-LE 23-28-2/AWM, Rev. 1 [62] SK-LE 23-27-2/AWM, Rev. 1 [63] SK-LE 23-28-1/AWM, Rev. 1 [65] SK-LE 23-27-1/AWM, Rev. 1 [66]		Ja	-	**X**

5. Azimutlager

Bezeichnung	Zeichnungsnr./Rev.	Material/Typ	CCV	Anlagevariante	
				E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
TKRE	192.32.3976.000.44.150D Rev. E [69]	dreireihige Rollendrehverbindung Materialnummer 84166340	Ja	**X**	**X**
Liebherr	ROD03993-032DJ18-001-000 Rev. 03.1 [73]	dreireihige Rollendrehverbindung Artikelcode 13827329	Ja	**X**	**X**
TMB	Y133.38.3993K Rev. 2 [76]	dreireihige Rollendrehverbindung	Ja	**X**	**X**

Bezeichnung	Zeichnungsnr./Rev.	Material/Typ	CCV	Anlagevariante	
				E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
CS Bearing	Y.4.R.I.50.3678.9.01, Rev. 1 [79]	three-row roller slewing bearing	Ja	X	X

6. Azimutantrieb

Bezeichnung	Zeichnungsnr./Rev.	Material/Typ	CCV	Anlagevariante	
				E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
Liebherr	13521946-99 Rev. 05.1 [81]	mehrstufiges Planetengetriebe DAT450/4422 Artikelcode 13521946	Nein	X	X
	13856204-99 Rev. 02.1 [82]	mehrstufiges Planetengetriebe DAT450/4422-V1 Artikelcode 13856204	Ja	X	X
Bonfiglioli	CD00024217 Rev. - [86]	mehrstufiges Planetengetriebe 711T Prod. Code JZ00006008	Nein	X	X

7. Azimutbremse (Azimut-Motor)

Bezeichnung	Zeichnungsnr./Rev.	Material/Typ	CCV	Anlagevariante	
				E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
Bonfiglioli	CD00021286 Rev. A [89]	AC-Motor	Ja	X	X

8. Kühlsystem

Bezeichnung	Zeichnungsnr./Rev.	Material/Typ	CCV	Anlagevariante	
				E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
Enercon	D02936467 Rev. 0.1 [93]	Flüssigkühlsystem und Luftkühlsystem	N/A	X	-
	D02936468, Rev. 0.1 [94]			-	X

9. Schmiersystem

Bezeichnung	Zeichnungsnr./Rev.	Material/Typ	CCV	Anlagevariante	
				E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
Enercon	D02757557 Rev. 1.0 [236]	-	Ja	X	X
	D02757569 Rev. 0.0 [238]	-	Ja	X	X
	D02910699 Rev. 0.0 [240]	-	Ja	X	-
	D02910794 Rev. 0.1 [242]	-	Ja	X	-
	D03025272 Rev. 0 [244]	-	Ja	-	X

10. Rotornabe

Bezeichnung	Zeichnungsnr./Rev.	Material/Typ	CCV	Anlagevariante	
				E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
EP5-ROH-02	D02941150, Rev. 6.0 [95]	EN-GJS-400-18-LT	Ja	X	
EP5-ROH-04	D03023775, Rev. 2.0 [98]	EN-GJS-400-18-LT	Ja		X

11. Rotorarretierung

Bezeichnung	Zeichnungsnr./Rev.	Material/Typ	CCV	Anlagevariante	
				E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
Arretierungsbolzen	D02781529, Rev. 1.0 [99]	34CrNiMo6	N/A*)	**X**	-
	D02908840, Rev. 1.0 [104]	42CrMo4	N/A*)	-	**X**

*) Die Rotorarretierung wird nur bei normalen Umgebungstemperaturen angewendet. Daher nicht relevant für CCV.

12. Generatorrotor

Bezeichnung	Zeichnungsnr./Rev.	Material/Typ	CCV	Anlagevariante	
				E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
Schweißkonstruktion	D03130401, Rev. 0.0 [106]	S355J2	Ja	**X**	-
	D03072150, Rev. 2.0 [108] D03103516, Rev. 2.0 [109] mit Versteifungen [110] bis [113]		Ja	-	**X**

13. Stator Grundrahmen

Bezeichnung	Zeichnungsnr./Rev.	Material/Typ	CCV	Anlagevariante	
				E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
Schweißkonstruktion	D03035360, Rev. 0.0 [114]	S355J2 and S235JR	Ja	**X**	-
	D03143813, Rev. 0.0 [115]		Ja	**X**	
	D03076589, Rev. 2.0 [119] D03076592, Rev. 2.0 [120]		Ja	-	**X**

14. Hauptlagereinheit

Bezeichnung	Zeichnungsnr./Rev.	Material/Typ	CCV	Anlagevariante	
				E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
Rotorträger	D03180444, Rev. 0.0 [121]	EN-GJS-400-18-LT	Ja	X	-
	D02927469, Rev. 3.0 [125]	EN-GJS-400-18-LT	Ja	-	X
Achszapfen	D02799486, Rev. 1.1 [122]	EN-GJS-400-18-LT	Ja	X	-
	D02893745, Rev. 3.0 [126]	EN-GJS-400-18-LT	Ja	-	X
Achsdeckel	D03130857, Rev. 1.0 [124]	S355 J2+N	Ja	X	-
	D03125254, Rev. 0.0 [127]	S355 J2+N	Ja	-	X

15. Maschinenträger

Bezeichnung	Zeichnungsnr./Rev.	Material/Typ	CCV	Anlagevariante	
				E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
EP5-MC-02	D02833308 Rev. 3.0 [132]	EN-GJS-400-18-LT	Ja	X	X

16. Turmkopfflansch

Bezeichnung	Zeichnungsnr./Rev.	Material/Typ	CCV	Anlagevariante	
				E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
Baustahl	D02133917 rev. 0.1 [134]	S355N	Ja	X	X

17. Schraubverbindung

Verbindung	Anzahl Bolzen	Größe	Festigkeit	Anziehfaktor	Max. Vorspa.kraft [kN]	Torsion berücks.	Nachw. Dok.	Gültig für Lasten		Anlagevariante	
								Nachw.	Add.	E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
Rotornabe – Blattlager	143	M30	10.9	*)	*)	Nein	[135]	[162]	-	**X**	**-**
							[136], [144]	[167]	[169]	**-**	**X**
Pitchgetriebe – Rotornabe	24	M18	10.9	1.5	141	Ja	[17], [23]	[162]	-	**X**	**-**
							[22], [28] [29], [31]	[167]	[169]	**-**	**X**
Azimutgetriebe – Maschinenträger	26	M24	10.9	*)	*)	Nein	[80], [85]	[162]	[169]	**X**	**X**
Azimutlager – Turmkopfflansch	150	M30	10.9	1.5	432	Ja	[141], [144]	[162]	[167] [168] [169]	**X**	**X**
Azimutlager – Maschinenträger	178	M30	10.9	*)	*)	Nein	[141] [144]	[162]	[167] [168] [169]	**X**	**X**
Achsdeckel – Achszapfen	108	M39	10.9	*)	*)	Nein	[263], [142]	[162]	-	**X**	**-**
	102	M36	10.9	*)	‘)	no	[129], [144]	[167]	[169]	**-**	**X**
Rotorträger – Generatorrotor	120	M30	10.9	1.6	437	Ja	[263] , [142]	[162]	-	**X**	**-**
Rotorarretierungssch. - Generatorrotor	82	M36	10.9	1.6	670	Ja	[100]	[167]	[169]	**-**	**X**

Verbindung	Anzahl Bolzen	Größe	Festigkeit	Anziehfaktor	Max. Vorspa.kraft [kN]	Torsion berücks.	Nachw. Dok.	Gültig für Lasten		Anlagevariante	
								Nachw.	Add.	E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
Rotorträger – Rotorarretierungssch.	132	M36	10.9	*)	*)	Nein	[100]	[163]	[169]	-	X
Rotornabe – Rotorträger	84	M39	10.9	1.2	800	Nein	[137]	[162]	-	X	-
							[138], [144]	[167]	[169]	-	X
Achszapfen – Stator Grundrahmen – Maschinenträger	126	M42	10.9	1.2	920	Nein	[139]	[162]	-	X	-
							[140], [144]	[167]	[169]	-	X

*): über-elastisches Anziehen. Nachziehen nicht erforderlich.

18. Lastvergleich

Keine Komponenten

19. Generator-Stator Verkleidung

Identifier	Zeichnungsnr./Rev.	Material/Typ	CCV	Anlagevariante	
				E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
Generator Stator Cover E-175 EP5 E2 GU-01-02	[147] - [158]	AlMg3	Ja	-	X

Revision	Datum	Änderungen
0	01.08.20251 7.12.2025	Erstfassung
1	17.12.2025	Aktualisierte Extrem- und Betriebsfestigkeitsnachweise [17], [18] und [19]. Prüfung aktualisierter Nachweis Dachmodul [22]. Aktualisierung der Dokumente [12], [13] und [14]. Aktualisierung der Lasten [55] und Lastvergleich [20] hinzugefügt. Lastvergleich [21] hinzugefügt. Dokumente [46], [47] und [48] zu den Anschlagpunkten vom Bericht 3821605-10-e-4 Rev. 3 übertragen. Aktualisierung der Nachweise [49] und [50] für die Anschlagpunkte/-Schiene an der Rotornabe. Redaktionelle Änderungen.

Inhaltsverzeichnis

1 Dokumente ... 3
1.1 Evaluierte Dokumente ... 3
1.2 Eingesehene Dokumente ... 5
2 Grundlagen der Evaluierung ... 6
2.1 Angewendete Standards ... 6
2.2 Zusätzliche Standards ... 7
3 Beschreibung ... 7
3.1 Eigenschaften ... 7
3.2 Umweltbedingungen ... 8
4 Umfang der Evaluierung ... 8
5 Bemerkungen ... 8
5.1 Maschinenhausverkleidung ... 9
5.2 Personenanschlagpunkte (PAP) ... 10
6 Gutachtliche Stellungnahme ... 10
Auflagen ... 10
Anhang: Evaluierte Komponenten ... 11

1 Dokumente

1.1 Evaluierte Dokumente

Folgende Dokumente wurden zur Evaluierung vorgelegt:

1.1.1 Maschinenhausverkleidungen

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[1]	Calculation Report ENERCON Wind Energy Converter E-160 EP5 E3 R1 & E-175 EP5 Roof Module and Anchorage Points Ultimate Strength	Enercon	D02833304 Rev. 2	2023-07-03
[2]	Calculation Report ENERCON Wind Energy Converter E-175 EP5 E1 E-Nacelle Ultimate Strength	Enercon	D02895842 Rev. 1	2024-03-22
[3]	Calculation Report ENERCON Wind Energy Converter E-175 EP5 E-Nacelle Fatigue Strength	Enercon	D02985175 Rev. 1	2024-02-09
[4]	Calculation Report ENERCON Wind Energy Converter E-175 EP5 E-Nacelle: support main carrier reinforcement SAP 1074116 SAP 1074117 Fatigue Strength	Enercon	D02986409 Rev. 1	2024-03-05
[5]	D02927212_1.0_E-175 EP5 E-Nacelle Structural Overview for TÜV.jt	Enercon	D02927212 Rev. 1	-
[6]	Calculation Report Machine House Structure EP5-MH-09, EP5-MH-10 and EP5-MH-12 Ultimate Strength	Enercon	D03054410 Rev. 0	2024-08-08
[7]	Calculation Report Machine House Structure EP5-MH-09, EP5-MH-10 and EP5-MH-12 Fatigue Strength	Enercon	D03047133 Rev. 0	2024-08-05
[8]	Calculation Report Casing roof elements and guard-rails E-175 EP5 E2 (EP5-MH-09)	Enercon	D03054207 Rev. 0	2024-11-04
[9]	Layout space model_EP5-MH-09 Structural Overview for TÜV.jt	Enercon	D03058468 Rev. 0	-
[10]	Layout space model_EP5-MH-10 Structural Overview for TÜV.jt	Enercon	D03059928 Rev. 0	-
[11]	Layout space model_EP5-MH-12 Structural Overview for TÜV.jt	Enercon	D03058487 Rev. 0	-
[12]	Layout space model_EP5-MH-16 Structural Overview for TÜV.jt	Enercon	D03189584 Rev. 0	-
[13]	D03189576_0.0_en_Layout space model_EP5-MH-15 Structural Overview for TÜV.jt	Enercon	D03189576 Rev. 0	-
[14]	Layout space model_EP5-MH-13 Structural Overview for TÜV.jt	Enercon	D03189384 Rev. 0	-
[15]	support main carrier left reinforcement	Enercon	D02928049 Rev. 0	2024-04-08
[16]	support main carrier right reinforcement	Enercon	D02928655 Rev. 0	2024-04-08
[17]	Calculation Report E-Nacelle, floor panels EP5-MH-07, EP5-MH-08, EP5-MH-09, EP5-MH-10, EP5-MH-11, EP5-MH-12, EP5-MH-13, EP5-MH-15, EP5-MH-16	Enercon	D02894498 Rev. 4	2025-11-11
[18]	Calculation Report Machine House Structure EP5-MH-13, EP5-MH-15 and EP5-MH-16 Fatigue Strength	Enercon	D03189664 Rev. 0	2025-11-07
[19]	Calculation Report Machine House Structure EP5-MH-13, EP5-MH-15 and EP5-MH-16 Ultimate Strength	Enercon	D03199728 Rev. 0	2025-11-05

[20]	Calculation Report ENERCON Wind Energy Converter E-175 EP5 E2 Load Comparison Ultimate and Fatigue Strength Only pages 47 to 49	Enercon	D03035803 Rev. 1.0	2025-15-09
[21]	Calculation Report ENERCON Wind Energy Converter E-175 EP5 E1 Load Comparison Ultimate and Fatigue Strength Only pages 29 to 31	Enercon	D02936679 Rev. 3.0	2025-12-02

1.1.2 Dachmodul E175 EP5 E2

[22]	Calculation Report Roof module / E-175 E2	Enercon	D02927607 Rev. 1.1	2025-10-24
[23]	railing segment roof unit p4 left	Enercon	D02930328 Rev. 0	2023-07-26
[24]	railing segment roof unit p1	Enercon	D02930434 Rev. 0	2023-07-26
[25]	railing segment roof unit p2 left	Enercon	D02930477 Rev. 0	2023-07-26
[26]	railing segment roof unit p5	Enercon	D02930498 Rev. 0	2023-07-26
[27]	railing segment roof unit p3 right	Enercon	D02930631 Rev. 0	2023-07-26
[28]	railing segment roof unit p3 left	Enercon	D02930746 Rev. 0	2023-07-26
[29]	railing segment roof unit p2 right	Enercon	Do2930841 Rev. 0	2023-07-26
[30]	railing segment roof unit p4 right	Enercon	D02930854 Rev. 0	2023-07-26
[31]	plate flange roof unit	Enercon	D02930939 Rev. 0	2023-07-31
[32]	hatch roof unit	Enercon	D02930944 Rev. 0	2023-07-31
[33]	floor left plate roof unit	Enercon	D02931008 Rev. 0	2023-08-01
[34]	floor right plate roof unit	Enercon	D02931390 Rev. 0	2023-07-31
[35]	floor right corner roof unit	Enercon	D02931592 Rev. 0	2023-07-31
[36]	floor left mid plate roof unit	Enercon	D02931638 Rev. 0	2023-08-01
[37]	floor right mid plate roof unit	Enercon	D02931697 Rev. 0	2023-07-31
[38]	floor mid p4 roof unit	Enercon	D02931727 Rev. 0	2023-07-31
[39]	floor left corner roof unit	Enercon	D02931758 Rev. 0	2023-07-31
[40]	ladder platform ladder	Enercon	D02931791 Rev. 0	2023-08-02
[41]	roof unit left corner frame	Enercon	D02931864 Rev. 0	2023-08-03
[42]	roof unit right corner frame	Enercon	D02931906 Rev. 0	2023-08-02
[43]	roof unit E-175 E2 frame	Enercon	D02953946 Rev. 0	2023-10-25

1.1.3 Personenanschlagpunkte

[44]	Certification Report ENERCON Wind Energy Converter E-160 EP5 E3 R1 Anchorage Points at Nacelle Ultimate Strength	Enercon	D02809635 Rev. 1	2024-01-12
[45]	Calculation Report ENERCON Wind Energy Converter E-175 EP5 Additional Anchorage Points at E-Nacelle SAP 1073777 (Side panel / front left) SAP 1073779 (Side panel / front right) Ultimate Strength	Enercon	D02910759 Rev. 1	2024-01-12
[46]	holder rotor hub outside Halterung Rotornabe aussen	Enercon	D02880382 Re. 0.1	2023-10-11

[47]	Certification Report ENERCON Wind Energy Converter E-175 EP5 / E-175 EP5 E2 Rotor Hub: Safety Pipe assembly	Enercon	D02914696 Rev. 0.3	2023-09-26
[48]	“Calculation Report ENERCON Wind Energy Converter E-175 EP5 E2 Anchorage Points Ultimate Strength”	Enercon	D03054273 Rev. 0.1	2024-07-31
[49]	Certification Report Ultimate load assessment ENERCON Wind Energy Converter E-160 EP5 E3 / E-175 EP5 / E-175 EP5 E2 Rotor Hub: Safety Bracket V2	Enercon	D03147050 Rev. 0.1	2025-11-21
[50]	Bracket rotor hub outside Bügel Rotornabe aussen	Enercon	D03146782 Rev. 0	2025-07-11

1.2 Eingesehene Dokumente

Folgende Dokumente wurden im Rahmen der Evaluierung zusätzlich herangezogen:

1.2.1 Design Basis

[51]	Design Base E-175 EP5 E1 / E-175 EP5 E2	Enercon	D02833990 Rev. 0.5	2024-10-17
[52]	Konstruktionsbasis Cold Climate Anlagen	Enercon	D0666243 Rev. 6.2	2024-10-17

1.2.2 Lastdokumente

[53]	D02832581_0.1_E175 EP5;LL03 SC; WCII TCA 8.5-2; Machine loads HP++.zip MD5 checksum: 7411058568ae2f11bea4ddaee3d38242	Enercon	-	-
[54]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion - Lastannahmen Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E1 Rotorblatt E-175 EP5-RB-01 hier: Maschinenbau- und Rotorblattlasten	TÜV SÜD	3743008-9-e-1 Rev. 4	2025-07-29
[55]	D02985043_3.0_E-175 EP5 E2; LL03 WCII TCA 8.5-2; Machine loads.zip MD5 checksum: 37E67861C47776EC5F46BBE5FB42A7A3	Enercon	-	-
[56]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion - Lastannahmen Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E2 Rotorblatt E175 EP5-RB-01 hier: Maschinenbau- und Rotorblattlasten	TÜV SÜD	4011309-17-d-1 Rev. 2	2025-10-27

1.2.3 Maschinenhausverkleidungen

[57]	GUTACHTLICHE STELLUNGNAHME Windenergieanlagen ENERCON EP5 - Verkleidungen & Strukturen -	TÜV Nord	GS-8119201822-012-001-04 Rev. 4	2023-11-27
[58]	Certification Report ENERCON Wind Energy Converter E-160 EP5 E3 R1 E-Nacelle SAP 1055358 Ultimate Strength	Enercon	D02815169 Rev. 1	2023-03-06
[59]	Calculation Report E-Nacelle, floor panels EP5-MH-07, EP5-MH-08, EP5-MH-09, EP5-MH-10 and EP5-MH-12 Ultimate Strength	Enercon	D02894498 Rev. 1	2024-07-29
[60]	Calculation Report ENERCON Wind Energy Converter E-175 EP5 E2 E-Nacelle Ultimate Strength	Enercon	D02930200 Rev. 0	2023-07-18
[61]	Support main carrier right reinforced	Enercon	D02764233 Rev. 1	2023-01-30

[62]	Support main carrier left reinforced	Enercon	D02762608 Rev. 1	2023-01-30

1.2.4 Personenanschlagpunkte

[63]	Calculation Report, ENERCON Wind Energy Converter E-160 EP5 E3 R1 & E-175 EP5, Roof Module and Anchorage Points	Enercon	D02833304 Rev. 2	2023-07-03
[64]	Certification report, ENERCON Wind Energy Converter E-138 EP3 E3, Anchorage Points at Nacelle, Ultimate Strength	Enercon	D02550733 Rev. 0	2021-12-02
[65]	Verification for Certification, ENERCON Wind Energy Converter E-160 EP5 E3, Anchorage Points at Nacelle, Ultimate Strength	Enercon	D02457731 Rev. 1	2022-02-25
[66]	Lagerwey Wind L100 & L93, Strength analysis of the fall protection eyes	Enercon	40-00046 Rev. 2	2014-02-11
[67]	SA of EP5 nacelle covers, hub spinners and machinery safety anchor points	Enercon	40-000605 Rev. 2	2020-08-14
[68]	Evaluation Report on the Assessment of the Wind Turbines Lagerwey L 100 & L82 according to IEC 61400-1, Ed. 3 (2005) - Machinery Components -	TÜV Nord	8109735063 - 4 E Rev. 6	2017-12-22
[69]	Evaluation Report Wind Turbine ENERCON E-138 EP3 E3 and E-115 EP3 E4 - Covers & Structures -	TÜV Nord	8119224863-12 E Rev. 1	2022-10-24
[70]	Certification Report Design Evaluation – Nacelle Cover and Spinner Wind Turbine ENERCON/Lagerwey E160 EP5 – 4800 kW, WT Class IIIA	TÜV Süd	3261218-1-e Rev. 1	2020-07-20
[71]	Gutachtliche Stellungnahme für die Typenprüfung der Windenergieanlagen ENERCON E-138 EP3 E2 - Maschinenbauliche Komponenten -	TÜV NORD	8117142915-4 Rev. 4	2022-11-14
[72]	Nachweis zur Zertifizierung, ENERCON Windenergieanlage E-115 EP3 E3 / E-138 EP3 E2, Anschlagpunkte Rotornabe	Enercon	D0872445 Rev. 0	2019-08-28
[73]	Lagerwey Wind L100 & L93, Strength analysis of the fall protection eyes	Lagerwey	40-00046 Rev. 2	2014-02-11
[74]	SA of EP5 nacelle covers, hub spinners and machinery safety anchor points	Lagerwey	40-000605 Rev. 2	2020-08-14

2 Grundlagen der Evaluierung

2.1 Angewendete Standards

Die Evaluierung der Dokumente erfolgte gemäß folgender Normen und Richtlinien:

/1/ IECRE OD-501:2022 Ed. 3.0 “Type and Component Certification Scheme (wind turbines)”

/2/ DIN EN 61400-22:2011 “Windenergieanlagen – Teil 22: Konformitätsprüfung und Zertifizierung (IEC 61400-22:2010); Deutsche Fassung EN 61400-22:2011”

/3/ DIN EN IEC 61400-1:2019 „Windenergieanlagen – Teil 1 Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2019); Deutschen Fassung EN IEC 61400-1:2019

/4/ “Richtlinie für Windenergieanlagen”, herausgegeben vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt), Ausgabe Oktober 2012IBt 2012 “Richtlinie für Windenergieanlagen, korrigierte Version 2015”

2.2 Zusätzliche Standards

Zur Evaluierung wurden zusätzlich folgende Normen und Richtlinien herangezogen:

/5/ 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:2018

/6/ DIN EN 1993-1-8:2010 + NA:2010 “Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Bemessung von Anschlüssen”

/7/ DIN EN 1993-1-9:2010 + NA:2010 “Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Ermüdung”

/8/ DIN EN 1993-1-10:2010 + NA:2010 “ Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung”

/9/ DIN EN 10025-3:2005 “Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 3: Technische Lieferbedingungen für normalgeglühte/normalisierend gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle; Deutsche Fassung EN 10025-3:2004”

/10/ DIN EN 50308:2005 „Wind turbines – Protective measures – Requirements for design, operation and maintenance; German version EN 50308:2004“

/11/ OSHA Part 1926 “Safety and Health Regulations for Construction”

3 Beschreibung

3.1 Eigenschaften

Die Windenergieanlagen Enercon E-160 EP5 E3 R1, E-175 EP5 E1 und E-175 EP5 E2 haben folgende Eigenschaften hinsichtlich der maschinenbaulichen Strukturen, der maschinenbaulichen Komponenten und der Verkleidungen:

Typ der Windenergieanlage:	Direktgetrieben, horizontale Achse
Pitchdrehverbindung:	Dreireihige Rollendrehverbindung, elektromechanisch
Rotorlager:	Zwei einreihige Kegelrollenlager in “O”-Anordnung
Rotorbremse:	Generator-E-Bremse
Azimutdrehverbindung:	Dreireihige Rollendrehverbindung, 8 elektromechanische Azimutantriebe
Maschinenhausverkleidung:	Integrierter Teil der tragenden Struktur “E-Nacelle”
Nabenverkleidung:	Keine

Tabelle 1: Eigenschaften der Windenergieanlage

3.2 Umweltbedingungen

Gemäß der Konstruktionsbasis für kaltes Klima [52] werden die Komponenten der Windenergieanlagen für Kaltklimabedingungen mit Betriebstemperaturen bis zu -30°C (-40°C mit reduzierter Leistung) und Überlebenstemperaturen bis zu -40°C nachgewiesen. In der Konstruktionsbasis [51] ist die Obergrenze der Betriebstemperatur und die Überlebenstemperatur auf +40°C bzw. +50°C festgelegt.

4 Umfang der Evaluierung

Die eingereichten Dokumente zur Konstruktion wurden im Hinblick auf die Normen und Richtlinien in Kapitel 2 dieser Stellungnahme und die [51] und [52] evaluiert.

Die folgenden Komponenten waren Teil der Evaluierung:

Verkleidungen und Zugehöriges

1. Maschinenhausverkleidung (E-Nacelle) und Dachmodul
2. Personenanschlagpunkte (PAP) in/an Maschinenhaus- und Nabenkomponenten

Die vorgelegten Zeichnungen wurden auf Übereinstimmung mit den Annahmen der Berechnung evaluiert.

Die vorgelegten Spezifikationen wurden auf Übereinstimmung mit den verwendeten Lasten evaluiert.

Die Evaluierung der Zusammenbau- und Transportbedingungen war nicht Bestandteil der Evaluierung.

5 Bemerkungen

Die Inhalte dieses Prüfberichtes wurden früher im TÜV SÜD-Bericht 3821605-40-d-4 Rev. 1 behandelt. Sie wurden in diesen Bericht ausgegliedert, um die Berichte zu verschlanken und die Schnittstellen sauberer zu gestalten.

Wenn nicht anders angegeben, wurden die eingereichten Nachweise durch Vergleichsrechnung auf Richtigkeit und Vollständigkeit und auf Übereinstimmung mit der Konstruktionsbasis evaluiert.

Wenn nicht anders angegeben, können die in den vorgelegten Nachweisen angegebenen rechnerischen Restsicherheiten im Rahmen der üblichen technischen Abweichungen bestätigt werden. Künftige Lastvergleiche für die Komponenten sind auf der Grundlage der ursprünglichen Nachweise durchzuführen.

Wenn nicht anders angegeben, entsprechen die in den Spezifikationen der Komponenten angegebenen Lasten den der Dokumente [53] und [55], geprüft in [54] und [56] genannten Lastspezifikationen. Wenn Markov-Matrizen oder Zeitreihen für die Evaluierung verwendet wurden, wurden sie auf Übereinstimmung mit der DEL (Damage Equivalent Load) der Lastspezifikation in Dokument [53] und [55] evaluiert.

Die vorgelegten Zeichnungen wurden auf Übereinstimmung mit den Annahmen der Berechnung evaluiert. Die vorgelegten Spezifikationen wurden auf Übereinstimmung mit den relevanten Parametern der Berechnungen überprüft.

Die Anforderungen an die Herstellungsprozesse, die zum Erreichen der im Rahmen der Konstruktion angenommene Qualität erforderlich sind, werden als geeignet angesehen.

Eine Übersicht über die evaluierten Komponenten findet sich im Anhang.

Für alle evaluierten Komponenten werden im Folgenden die zugrunde liegenden Zeichnungen, Nachweise und Lasten angegeben.

5.1 Maschinenhausverkleidung

<table>
<tr><th rowspan="2">Turbinen Type</th><th rowspan="2">Identifizierung E-Nacelle</th><th rowspan="2">Zeichnung</th><th colspan="4">Verifications</th><th rowspan="2">Lasten</th><th rowspan="2">Zusätz-liches</th></tr>
<tr><th>Maschinenhaus</th><th>Dach-modul</th><th>Boden Panele</th><th>PAP</th></tr>
<tr><td>E-160
EP5 E3 R1</td><td>EP5-MH-16</td><td>D03189584 Rev. 0.0 [12]</td><td rowspan="3">[18], [19]</td><td>[1]</td><td>[17]</td><td rowspan="7">[44] - [50]
[63] - [67]</td><td rowspan="3">[53] wind loads, live loads</td><td></td></tr>
<tr><td>E-175
EP5 E1</td><td>EP5-MH-15</td><td>D03189576 Rev. 0.0 [13]</td><td>[1]</td><td>[17]</td><td>[21]</td></tr>
<tr><td>E-175
EP5 E2</td><td>EP5-MH-13</td><td>D03189384 Rev. 0.0 [14]
Roof Module [23] to [43]</td><td>[22]</td><td>[17]</td><td>[20], [8], [59]</td></tr>
<tr><td>E-175
EP5 E1</td><td>EP5-MH-12</td><td>D03058487 Rev. 0.0 [11]</td><td rowspan="3">[4], [6], [7]</td><td>[1]</td><td>[17]</td><td rowspan="4">[53], [55] wind loads, live loads</td><td></td></tr>
<tr><td>E-160
EP5 E3 R1</td><td>EP5-MH-10</td><td>D03059928 Rev. 0.0 [10]</td><td>[1]</td><td>[17]</td><td></td></tr>
<tr><td>E-175
EP5 E2</td><td>EP5-MH-09</td><td>D03058468 Rev. 0.0 [9]
Roof Module [23] to [43]</td><td>[22]</td><td>[17]</td><td>[8], [60]</td></tr>
<tr><td>E-175
EP5 E1</td><td>EP5-MH-08</td><td>D02927212 Rev. 1.0 [5]</td><td>[2] - [4]</td><td>[1]</td><td>[17]</td><td></td></tr>
</table>

Tabelle 2 Evaluierte Maschinenhausverkleidung, Dachmodule und Anschlagspunkte

Die Maschinenhausverkleidung für die Windenergieanlage Enercon E-175 wird E-Nacelle genannt. Die E-Nacelle von Enercon E-160 EP5 E3 R1 (MH-10) und die E-Nacelle von Enercon E-175-EP5 E1 (MH-08 und MH-12) sind hinsichtlich des begehbaren Daches identisch, unterscheiden sich aber geringfügig in den übrigen Teilen. Die Nachweise für das begehbare Dach der E-160 EP5 E3 R1 [58] und der Personenanschlagpunkte [63] bis [67] sind bereits von TÜV NORD in [57], [68], [69], [71] und von TÜV SÜD in [70] evaluiert.

Bodenpaneele sind von Enercon nachgewiesen in [17] und vom TÜV NORD in [57] bis Revision 1 geprüft. Revision 2 und 4 wurden vom TÜV SÜD im gegenwärtigen Bericht geprüft und die Gondelversionen EP5-MH-11, EP5-MH-09, EP5-MH-13, EP5-MH-15 and EP5-MH-16 wurden hinzugefügt.

Die E-Nacelle der E-175- EP5 E2 (MH-09) ist etwas kürzer als die anderen beiden Versionen, um die Kompatibilität mit dem größeren Generator der E2-Turbine zu gewährleisten. Diese E-Nacelle ist mit einem begehbaren, eingezäunten Dachbereich in der Nähe des Generators versehen. Für diesen begehbaren Dachbereich wurden in [8] und [60] weitere Nachweise erbracht.

Weitere E-175 EP5 E-Nacelle spezifische Nachweise [1], [4], [6] und [7] insbesondere hinsichtlich der Ermüdungsfestigkeitsnachweise für Unterstrukturen [15] und [16] (nahezu idnentisch mit den bisherigen Versionen [61], [62])wurden von TÜV SÜD entweder auf Ähnlichkeit mit der E-160 Analge, durch Plausibilitätsprüfung oder Vergleichsrechnung evaluiert.

5.2 Personenanschlagpunkte (PAP)

Die Nachweise der Personenanschlagpunkte [44] und [45] sind vom TÜV SÜD geprüft. Die Nachweise der Personenanschlagpunkte [63] bis [67] sind bereits vom TÜV Nord in [57], [58], [69] und [71] geprüft, sowie vom TÜV SÜD in [70].

6 Gutachtliche Stellungnahme

Die zur Evaluierung der Konstruktion Maschinenhausverkleidungen vorgelegten Dokumente für die Windenergieanlagen Enercon E-160 EP5 E3 R1 , Enercon E-175 EP5 E1 and Enercon E-175 EP5 E2 entsprechen den Anforderungen der in Kapitel 2.1 angegebenen Zertifizierungsschemas und Standards sowie der Konstruktionsbasis [51] und [52], sofern die nachstehenden Bedingungen erfüllt sind.

Die Komponenten wurden für die im Anhang aufgeführten Turbinenkonfigurationen evaluiert.

Auflagen

1. Der Korrosionsschutz der Komponenten ist in regelmäßigen Abständen, zumindest jedoch einmal jährlich zu prüfen. Im Fall von Beschädigungen ist er unverzüglich in Stand zu setzen.
2. Die Schraubverbindungen sind mit Anzugsverfahren wie in den jeweiligen Nachweisen angenommen anzuziehen. Es ist sicherzustellen, dass die in den Nachweisen angenommenen Vorspannkräfte durch die angewandten Verfahren und Anzugsmomente erreicht werden. Schraubverbindungen, die nicht überelastisch angezogen sind, müssen nach der Inbetriebnahme mindestens einmal nachgezogen werden, um Verluste in der Vorspannung aufgrund des Setzens der Kontaktflächen gemäß dem Handbuch auszugleichen.
3. Untergeordnete Komponenten, die nicht explizit in den genannten Strukturnachweisen behandelt wurden, sind derart auszulegen, dass die zulässige Beanspruchbarkeit der verwendeten Materialien nicht überschritten wird.
4. Die Auflagen der referenzierten gutachtlichen Stellungnahmen sind zu berücksichtigen.

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Abteilung Windenergieanlagen

Bewertung

M. Schmalstieg

Evaluierung

M. Klüpfel

Anhang: Evaluierte Komponenten

1. Maschinenhausverkleidung

Bezeichnung	Zeichnungsnr./Rev.	Material/Typ	CCV	Anlagenvarianten		
				E-160 EP5 E3 R1	E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
EP5-MH-16	D03189584 Rev. 0.0 [12]	Geschweißte und geschraubte Stahlkonstruktionen hauptsächlich aus S235JR, S355J2+N, S355J2H	Ja	X		
EP5-MH-15	D03189576 Rev. 0.0 [13]				X	
EP5-MH-13	D03189384 Rev. 0.0 [14]					X
EP5-MH-12	D03058487 Rev. 0.0 [11]				X	
EP5-MH-10	D03059928 Rev. 0.0 [10]			X		
EP5-MH-09	D03058468 Rev. 0.0 [9]					X
EP5-MH-08	D02927212 Rev. 1.0 [5]				X	
Dachmodul	[23] bis [43]	Geschweißte und geschraubte Stahlkonstruktionen hauptsächlich aus S235 und S355	Ja			X

2. Personenanschlagpunkte (PAP)

Keine Komponenten in DECS aufzulisten.

WINDENERGIESYSTEME

Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.

Gutachtliche Stellungnahme

Datum: 2025-12-18

Bericht Nr.: **3821605-31-d-3 Rev. 6**

Objekt: **Evaluierung der Konstruktion - Rotorblatt**
Enercon E-175 EP5-RB-01
Windenergieanlagen
Enercon E-175 EP5 E1 und E-175 EP5 E2

Grundlage der Evaluierung: IECRE OD-501:2022 ed. 3.0,
DIN EN 61400-22:2011 und
DIBt 2012

Auftraggeber: ENERCON Global GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Deutschland

Unsere Zeichen:
IS-ESW-MUC

Dokument:
3821605-31-d-3_Rev-6_Enercon_E-175 EP5-RB-01_design_.docx

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 tuvsud.com/impressum

Aufsichtsrat:
Walter Reithmaier (Vors.)
Geschäftsführung:
Simon Kellerer (Sprecher)
Thomas Kainz
Paula Pias Peleteiro

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Energie und Systeme
Windenergiesysteme
Westendstraße 199
80686 München
Deutschland
Telefon: +49 89 5791-3146

tuvsud.com/de-is
Tel. Zentrale: +49 89 5190-4001

Revision	Datum	Änderungen
0	2024-02-26	Erstfassung.
1	2024-11-15	Aktualisierung für erhöhte Blattmasse: Dokument [92], [93], [97], [98], [99], [101] bis [107] hinzugefügt. Dokument [75] entfernt. Dokumente [2],[4], [5], [7], [10], [12] bis [16], [18][20], [22] bis [26], [29] bis [31], [33], [38], [48], [49], [54], [70], [75], [78], [80], [91] und [95] aktualisiert. Kaltklima Bedingungen: Dokument [83], [84] und [86] hinzugefügt. Inhaltliche Anpassungen.
2	2025-06-30	E-175 EP5 E2 Turbine hinzugefügt: Dokument [4], [7], [46], [50], [58], [75], [90], [114] to [119] and [121] hinzugefügt. Inhaltliche Anpassungen.
3	2025-06-30	E-175 EP5-RB-01 Design Update: Dokumente [39], [43], [44], [51], [58], [125] und [126] hinzugefügt. Dokumente [1], [5], [9], [13], [15], [18], [23], [27], [28], [36], [37], [41], [45], [55], [56], [57], [61], [79], [84], [91], [103], [125], [127] und [130] aktualisiert. Dokument [4] und [80] entfernt. Inhaltliche Anpassungen.
4	2025-07-14	Tippfehlerkorrektur bei Referenz [118]
5	2025-08-19	Variante für geänderten Lagenaufbau/ -material aufgenommen: Dokumente [46] bis [52], [65], [136] und [137] hinzugefügt. Dokumente [19] and [109] aktualisiert. Dokumente [113] und [125] gegen deutsche Version getauscht. Auflage 1 der Revision 4 entfernt. Redaktionelle Änderungen
6	2025-12-18	Lastvergleich für HST175: Dokumente [2], [3], [5], [128] und [138] bis [142] hinzugefügt. Dokumente [129] aktualisiert. Redaktionelle Änderungen.

Notiz: Referenzangaben älterer Revisionen könnten sich geändert haben und könnten bei der aktuellen Revision nicht mehr zutreffen.

Inhaltsverzeichnis

1 Dokumente 4
1.1 Evaluierte Dokumente 4
1.2 Eingesehene Dokumente 8
2 Grundlagen der Evaluierung 12
2.1 Angewendete Standards 12
2.2 Zusätzliche Standards 12
3 Beschreibung 12
3.1 Auslegungslasten 12
4 Umfang der Evaluierung 13
5 Bemerkungen 14
5.1 Rotorblatt Struktur 14
5.2 Blattwurzel und Schraubverbindung Rotorblatt zu Rotorblattlager 16
5.3 Kaltklima Bedingungen 17
5.4 Änderungen in der letzten Revision dieses Berichtes 17
6 Gutachtliche Stellungnahme 17
Offene Punkte 17
Auflagen 17
Anhang: Charakteristische Eigenschaften des Rotorblattes 19

1 Dokumente

1.1 Evaluierte Dokumente

Folgende Dokumente wurden zur Evaluierung vorgelegt:

1.1.1 Konstruktionsbasis

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[1]	Technical report E-175 EP5-RB-01 Methods and Safety Factors for Structural Verification	Enercon	D02912890 Rev. 2.1	2025-02-06

1.1.2 Lastvergleiche

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[2]	Statement – Blade loads for the tower E175 EP5 E2-HST-175-FB-C-01	Enercon	D03212838 Rev 0.1	2025-12-18
[3]	File “E175-EP5_Blade_loads_comparison_HST175_vs_LL04 Blade Design loads.xlsx” MD5-checksum: 41a6185757bbd63e9d815a31a45be7fa	Enercon	D03212772 Rev. 0.0	2025-12-17
[4]	Calculation E-175 EP5-RB-01 Blade Connection Load Comparison WEC E-175 EP5 E1 Ultimate and Fatigue Strength	Enercon	D03038486 Rev. 0	2024-06-24
[5]	Calculation Report ENERCON Wind Energy Converter E-175 EP5 E2 Load Comparison Ultimate and Fatigue Strength	Enercon	D03035803 Rev 2.0	2025-12-09

1.1.3 Struktur

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[6]	Calculation E-175 EP5-RB-01 Verification of Rotor Blade with enveloping E2 loads	Enercon	D02899343 Rev. 2.0	2025-02-06
[7]	Calculation E-175 EP5-RB-01 results of short wavelength buckling LC4	Enercon	D02950045 Rev. 0.1	2023-09-27
[8]	rotor blade / general dimension	Enercon	D02904613 Rev. 2.0	2024-11-01
[9]	rotor blade / assembly E-175 EP5-RB-01	Enercon	D02909109 Rev. 1.0	2024-05-13
[10]	rotor blade / assembly E-175 EP5-RB-01 E2	Enercon	D02873909 Rev. 0.0	2024-08-30
[11]	pressure side rotor blade shell / assembly shell PS	Enercon	D02913597 Rev. 0.0	2023-06-30
[12]	pressure side rotor blade shell / outer laminate	Enercon	D02897138 Rev. 4.1	2024-11-27
[13]	PS and SS rotor blade shell / Preform 1 PS/SS	Enercon	D02883187 Rev. 0.0	2023-04-24
[14]	pressure side rotor blade shell / inlay K SH-PS-TE Flatback E175EP5RB01	Enercon	D02833605 Rev. 1.0	2023-06-08
[15]	pressure side rotor blade shell / preform 2 PS laid	Enercon	D02887362 Rev. 2.0	2023-09-29
[16]	pressure side rotor blade shell / reinforcement layers outer laminate	Enercon	D02905200 Rev. 2.0	2024-10-23
[17]	pressure side rotor blade shell / spar boom	Enercon	D02901774 Rev. 3.0	2024-03-11
[18]	pressure side rotor blade shell / core material	Enercon	D02909736 Rev. 3.0	2024-11-01

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[19]	pressure side rotor blade shell / inner laminate	Enercon	D02904945 Rev. 2.1	2024-04-30
[20]	pressure side rotor blade shell / reinforcement layers inner laminate	Enercon	D02903843 Rev. 2.0	2024-03-11
[21]	pressure side rotor blade shell / TE-UD PS	Enercon	D02898667 Rev. 3.0	2024-08-27
[22]	suction side rotor blade shell / assembly shell SS	Enercon	D02914026 Rev. 0.0	2023-06-29
[23]	suction side rotor blade shell / outer laminate	Enercon	D02895283 Rev. 4.1	2024-11-27
[24]	suction side rotor blade shell / inlay K SH-SS-TE Flatback E175EP5RB01	Enercon	D02865676 Rev. 1.0	2023-06-08
[25]	suction side rotor blade shell / preform 2 SS laid	Enercon	D02888102 Rev. 2.0	2023-09-29
[26]	suction side rotor blade shell / reinforcement layers outer laminate	Enercon	D02900330 Rev. 2.0	2024-10-23
[27]	suction side rotor blade shell / spar boom	Enercon	D02903805 Rev. 3.0	2024-03-11
[28]	Suction side rotor blade shell / core material	Enercon	D02914583 Rev. 1.0	2024-05-08
[29]	suction side rotor blade shell / inner laminate	Enercon	D02900921 Rev. 2.1	2024-04-30
[30]	suction side rotor blade shell / TE-UD SS	Enercon	D02900460 Rev. 3.0	2024-09-27
[31]	suction side rotor blade shell / reinforcement layers inner laminate	Enercon	D02904658 Rev. 3.0	2024-10-23
[32]	glue cap / leading edge	Enercon	D02891583 Rev. 1.0	2023-07-18
[33]	rotor blade bonding / connection glue cap flange part / tip part	Enercon	R01.140.10005 Rev. 1.0	2021-07-23
[34]	glue cap / trailing edge	Enercon	D02892061 Rev. 1.0	2023-09-29
[35]	rotor blade bonding / preform segment 1 GC TE/LE	Enercon	D02883958 Rev. 1.0	2024-03-11
[36]	rotor blade bonding / preform segment 3 GC TE/LE	Enercon	D02891961 Rev. 1.0	2023-09-27
[37]	rotor blade / leading edge cover	Enercon	D02894339 Rev. 0.0	2023-05-03
[38]	rotor blade bonding / reinforcement laminate overlamination	Enercon	D02894809 Rev. 4.0	2024-08-23
[39]	rotor blade web / web assembly	Enercon	D02898194 Rev. 2.0	2024-12-09
[40]	rotor blade web / LE web segment 1	Enercon	D02891535 Rev. 1.2	2024-12-09
[41]	rotor blade web / LE web segment 2	Enercon	D02894506 Rev. 1.0	2023-07-19
[42]	rotor blade web / LE web Var.2	Enercon	D03090407 Rev. 0.0	2024-12-09
[43]	rotor blade web bypass reinforcement insert ø110	Enercon	D02895898 Rev. 0.0	2023-06-12
[44]	rotor blade web / TE web segment 1	Enercon	D02893711 Rev. 2.2	2024-12-09
[45]	rotor blade web / TE web segment 2	Enercon	D02894781 Rev. 1.0	2023-06-15
[46]	rotor blade web / TE web Var.2	Enercon	D03087465 Rev. 0.0	2024-12-09
[47]	rotor blade web / flatback web	Enercon	D03072288 Rev. 1.1	2024-12-09
[48]	rotor blade web / web bonding laminate	Enercon	D02901699 Rev. 1.0	2024-11-01
[49]	rotor blade web bypass reinforcement insert 80x50mm	Enercon	D02926543 Rev. 0	2023-07-19

1.1.4 Designvariante mit TriAx-Ersatz

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[50]	Calculation E-175 EP5-RB-01 Verification of Rotor Blade with TriAx replacement	Enercon	D03129833 Rev. 0.0	2025-05-07
[51]	pressure side rotor blade shell / inner laminate	Enercon	D02904945 Rev. 3.0,	2025-07-31
[52]	pressure side rotor blade shell / outer laminate	Enercon	D02897138 Rev. 6.0	2025-07-31
[53]	pressure side rotor blade shell / TE-UD PS	Enercon	D02898667 Rev. 5.0	2025-07-31
[54]	suction side rotor blade shell / inner laminate	Enercon	D02900921 Rev. 4.0	2025-07-31
[55]	suction side rotor blade shell / outer laminate	Enercon	D02895283 Rev. 6.0	2025-07-31
[56]	suction side rotor blade shell / TE-UD SS	Enercon	D02900460 Rev. 4.0	2025-07-31

1.1.5 Blattwurzel

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[57]	Calculation Report E-175 EP5-RB-01 Certification Report Blade Connection Ultimate and Fatigue Strength	Enercon	D02915207 Rev. 0.2	2022-07-08
[58]	Calculation E-175 EP5-RB-01 at E-175 EP5 E2 Certification Report Blade Connection Ul-timate and Fatigue Strength	Enercon	D03029775 Rev. 0	2024-08-27
[59]	Test report IEC 61400-5 Blade Root Validation Test	Enercon	D02780084 Rev. 2.1	2023-06-29
[60]	blade connection blade flange machined	Enercon	D02880756 Rev. 1.0	2024-09-12
[61]	Cross dowel Ø95x150 M42+ Ø10mm	Enercon	D02782692 Rev. 0.2	2023-02-22
[62]	bolt expansion bolt DIN976 B M42-6g Ø37x584 Bolzen Dehnbolzen DIN976 B M42-6g Ø37x584	Enercon	D02763762 Rev. 0.0	2023-02-22
[63]	bolt expansion bolt DIN976 B M42-6g Ø37x611 Bolzen Dehnbolzen DIN976 B M42-6g Ø37x611	Enercon	D03021074 Rev. 0.0	2024-08-15

1.1.6 Spezifikationen

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[64]	Materialspezifikation Materialkennwerte Rotorblattauslegung E-175 EP5-RB-01	Enercon	D02815067 Rev. 3.0	2024-12-02
[65]	Technical specification E-175 EP5-RB-01 Rotor blade test specification AUR	Enercon	D02901606 Rev. 6.0	2024-09-06
[66]	Technical specification E-175 EP5-RB-01 Rotor blade test specification CENER	Enercon	D02901607 Rev. 8.0	2024-09-10
[67]	Technical specification E-175 EP5-RB-01 Rotor blade test specification AUR EVC0036	Enercon	D03078312 Rev. 2.3	2024-12-03
[68]	Technical specification E-175 EP5-RB-01 Rotor blade test specification in MY direction AUR EVC0036	Enercon	D03127513 Rev. 2.0	2025-06-02
[69]	Technical description Evidence for ym3 bonding PSF according to IEC61400-5	Enercon	D02895292 Rev. 0.2	2023-07-04
[70]	Technical report Core Failure Method Validation	Enercon	D02888151 Rev. 0.0	2023-04-12

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[71]	Technical specification Load Cases and Boundary Conditions for E-175 EP5-RB-01 Transport & Installation	Enercon	D02912977 Rev. 1.0	2023-03-13

1.1.7 Blatt Add-ons

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
Serrations				
[72]	Calculation E-175 EP5-RB-01 Verification of Trailing Edge Serration	Enercon	D02883748 Rev. 0	2023-07-13
[73]	Calculation E-175 EP5-RB-01 cerification of Trailing Edge Serration with E2 loads	Enercon	D03062162 Rev. 0	2024-08-22
[74]	Trailing edge serration installation	Enercon	D02881944 Rev. 2.0	2023-09-29
[75]	Technical specification E-175 EP5-RB-01 TES Lay-Up For article nr. 1076266/x	Enercon	D02881442 Rev. 0.2	2023-06-01
[76]	trailing edge serration / segment 1	Enercon	D02876614 Rev. 0.0	2023-04-21
[77]	trailing edge serration / segment 2	Enercon	D02876615 Rev. 0.0	2023-04-21
[78]	trailing edge serration / segment 3	Enercon	D02876616 Rev. 0.0	2023-04-21
[79]	trailing edge serration / segment 4	Enercon	D02876618 Rev. 0.0	2023-04-21
[80]	trailing edge serration / segment 5	Enercon	D02876619 Rev. 0.0	2023-04-21
[81]	trailing edge serration / segment 6	Enercon	D02876621 Rev. 0.0	2023-04-21
[82]	trailing edge serration / segment 7	Enercon	D02876623 Rev. 0.0	2023-04-21
[83]	trailing edge serration / segment 8	Enercon	D02876624 Rev. 0.0	2023-04-21
[84]	trailing edge serration / segment 9	Enercon	D02876626 Rev. 0.0	2023-04-21
[85]	trailing edge serration / segment 10	Enercon	D02876627 Rev. 0.0	2023-04-21
[86]	trailing edge serration / segment 11	Enercon	D02876628 Rev. 0.0	2023-04-21
[87]	trailing edge serration / segment 12	Enercon	D02876630 Rev. 0.0	2023-04-21
[88]	trailing edge serration / segment 13	Enercon	D02876632 Rev. 0.0	2023-04-21
Vortexgeneratoren				
[89]	E-175 EP5-RB-01 Verification of Vortex Generator with enveloping E2 loads	Enercon	D02883850 Rev. 2	2025-02-05
[90]	vortex generator assembly suction side	Enercon	D02905803 Rev. 1.0	2024-04-26
[91]	vortex generator vortex generator 16b	Enercon	R01.130.10027 Rev. 0	2021-09-09
Blattspitze				
[92]	blade tip general dimension	Enercon	D02638614 Rev. 0.1	2023-03-17
[93]	blade tip additional fixing	Enercon	D02872272 Rev. 1.0	2024-10-16
[94]	cover for blade tip	Enercon	D02316781 Rev. 0.0	20210-07-02
Plattform				
[95]	Reinforcing ring assembly	Enercon	D02885267 Rev. 1.0	2023-09-29
[96]	reinforcing ring segment 1	Enercon	D02873460 Rev. 0.0	2023-05-05
[97]	reinforcing ring Segment 2	Enercon	D02881534 Rev. 0.0	2023-05-05

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[98]	reinforcing ring glue cap	Enercon	D02882094 Rev. 1.0	2023-09-29
[99]	cover manhole plate	Enercon	D02295305 Rev. 1.0	2022-12-21
Blattanschlussabdeckung				
[100]	rotor blade blade skirt assembly installation	Enercon	D02914265 Rev. 2.0	2024-09-30

1.1.8 Aeroelastisches Modell

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[101]	Datei “powprod.$PJ”, MD5-checksum: 606689D9815B04C6505C88D1757F3076	Enercon	N/A	N/A
[102]	E-175 EP5-RB-01 classification radius to profile	Enercon	D02888162 Rev. 0.1	N/A

1.1.9 Kaltklimabedingungen

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[103]	Calculation E-175 EP5-RB-01 Verification of Rotor Blade for Cold Climate Conditions for Bonding (static)	Enercon	D03065929 Rev. 2.0	2024-09-06
[104]	Calculation E-175 EP5-RB-01 Verification of Rotor Blade with E2 loads for Cold Climate Conditions for Bonding (static)	Enercon	D03065889 Rev. 1.0	2024-09-06
[105]	Technical description Evidence for CC properties	Enercon	D03035613 Rev. 0.1	2024-08-05

1.2 Eingesehene Dokumente

Folgende Dokumente wurden im Rahmen der Evaluierung zusätzlich herangezogen:

1.2.1 Allgemeines

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[106]	Design Base E-175 EP5 E1 / E-175 EP5 E2	Enercon	D02833990 Rev. 0.5	2024-10-17
[107]	Konstruktionsbasis Cold Climate Anlagen	Enercon	D0666243 Rev. 6.2	2024-10-17
[108]	Design Basis Evaluation Report Wind Turbine ENERCON E-175 EP5 Hub Heights 112 m, 132 m, 140 m, 162 m, 175 m Rotor Blade Type E-175 EP5-RB-01 for WT-class S	TÜV SÜD	3743008-1-e-0 Rev. 3	2025-06-17
[109]	ISO 9001:2015 Management System Zertifikat	DNV	C587792 Rev. 0	2023-09-12
[110]	Confirmation of Partial Safety Factors for Materials γm3 for Manufacturing Effects of Enercon Rotor Blades according IEC61400-5	TÜV SÜD	ST-3743008-15-e-	2023-04-21
[111]	Confirmation of transport and assembly load cases and boundary conditions	Enercon	D02968632 Rev. 0	2023-12-05
[112]	E-175 EP5-RB-01 rotor blade - list of submitted documents	Enercon	D02915201 Rev. 17.1	2025-08-13
[113]	lightning protection system LPS cable complete	Enercon	D02941881 Rev. 0.1	2024-05-13

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[114]	lightning protection system E-175 overview bore holes and installation	Enercon	D02946865 Rev. 0.1	2024-05-13

1.2.2 Aerodynamik

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[115]	Design Evaluation – Rotor Blade here: Aerodynamic Characteristics	TÜV SÜD	3821605-30-e-3 Rev. 0	2023-12-14

1.2.3 Lasten

ENERCON E-175 EP5 E1

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[116]	Gutachtliche Stellungnahme – Evaluierung der Konstruktion – Lastannahmen Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E1 Rotorblatt E-175 EP5-RB-01 […] hier: Maschinenbau- und Rotorblattlasten	TÜV SÜD	3743008-9-d-1 Rev. 4	2025-07-29
[117]	Datenträgerdatei “D02833439_2.1_E-175 EP5;LL03 SC WCII TCA 8.5-2; Blade loads.zip” MD5-Prüfsumme: D41D8CD98F00B204E9800998ECF8427E Die folgenden Dateien wurden für die Prüfung herangezogen:	Enercon	N/A	N/A
[118]	"360_LL3_LL3SC_env_BLP SFF red_SF.xlsx”, xlsx-Datei MD5-checksum: 292FF27E836C977EDF4D62C1BFA8CDA0	Enercon	N/A	N/A
[119]	"360_LL3_LL3SC_env_NF.xlsx”, xlsx-Datei, MD5-checksum: 72C7CFA4DB2818E6D75CE92D1242EB60	Enercon	N/A	N/A
[120]	“DEL_Blade 1 Rotated BLPoT Loads_env.xlsx”, xlsx-Datei, MD5-checksum: 3657213BAB45FE528878C04EACBD3E22 “	Enercon	N/A	N/A
[121]	“20230816_Nachtrage Paket 1 zu CCS Rev 0.5 Nr.1.2_Blade_Markov360.zip”, zip-Datei, MD5-Prüfsumme: 7F14CC48799C7A9FFB0FC46F65A10898	Enercon	N/A	N/A
[122]	Datenträgerdatei “D03019491-0.1: E-175 EP5;LL6 WCII TCA 8.5-2; Blade loads.zip” MD5-Prüfsumme: C6ACE23FD37ACF6D8BADA8F9815586C2 Die folgenden Dateien wurden für die Prüfung herangezogen:	Enercon	N/A	N/A
[123]	"env__BLP SFF red_SF.xlsx ”, xlsx-Datei, MD5-Prüfsumme: F09D712AA1E9EEFD145E99E49B36CC6C	Enercon	N/A	N/A
[124]	"env_BLPoT_NF.xlsx“, xlsx-Datei, MD5-Prüfsumme: 238DCA2BAEDFCED515200CEDA84C806F	Enercon	N/A	N/A
[125]	“DEL_Blade 1 Loads_ Root axes_env.xlsx”, xlsx-Datei, MD5-Prüfsumme: 21C10CAB3C6930F908B28093FB9C5506	Enercon	N/A	N/A

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[126]	"DEL_Blade root 1_env.xlsx", xlsx-Datei, MD5-Prüfsumme: E6DF570EA6EA0CF91B7864318832ECB5	Enercon	N/A	N/A
[127]	"DEL_Blade root 1 Rotated Loads_env.xlsx", xlsx-Datei, MD5-Prüfsumme: C558CAEBCED871270DC142541940FA2A	Enercon	N/A	N/A
[128]	Data Carrier file: "D02832581_0.1_E175 EP5;LL03 SC; WCII TCA 8.5-2; Machine loads HP++.zip" MD5-checksum 7411058568AE2F11BEA4DDAEE3D38242	Enercon	D02832581 Rev. 0.1	N/A

ENERCON E-175 EP5 E2

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[129]	Gutachtliche Stellungnahme Evaluierung der Konstruktion – Lastannahmen Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E2 […] hier: Maschinenbau- und Rotorblattlasten	TÜV SÜD	4011309-17-d-1 Rev. 2	2025-10-27
[130]	Datenträgerdatei "D03046882_0.2_E-175 EP5 E2; LL04 WCS TCA 8.5-2; Blade loads.zip", MD5-Prüfsumme: 9b3e3faf101f48253c54e00ea86ef9bb Die folgenden Dateien wurden für die Prüfung herangezogen:	Enercon	N/A	N/A
[131]	"env_BLP SFF red_SF.xlsx", xlsx-Datei, MD5-Prüfsumme: b8cf51195e64fbf59b7612d60f675ffd	Enercon	N/A	N/A
[132]	"env_NF.xlsx", xlsx-Datei, MD5-Prüfsumme: 85d0563560079bc435c398c8fde7fd4f	Enercon	N/A	N/A
[133]	"DEL_Blade 1 Loads_ Root axes_env.xlsx", xlsx-Datei, MD5-Prüfsumme: e2f01f50e6fae04c7c29e2ed148bc937	Enercon	N/A	N/A
[134]	"DEL_Blade root 1_env.xlsx", xlsx-Datei, MD5-Prüfsumme: cb942646888105d19907b4832b6e760f	Enercon	N/A	N/A
[135]	"E175_E2_LL04_Markov_blade_0to360deg.zip", zip-Datei, md5.checksum: b03fbd848477e068f83c7aa92e8148ff	Enercon	N/A	N/A
[136]	"DEL_Blade 1 Loads_ Root axes_HH175_soft_allfatigue.xlsx" xlsx-Datei, MD5-Prüfsumme: 689f6d0b7f132668efddfa629ca5bd80	Enercon	N/A	N/A
[137]	"D03054707_0.0_E-175 EP5 E2; LL04 WCS TCA 8.5-2; Blade Selected Timeseries.zip", MD5-Prüfsumme: eb17821dda5262201eedb3b0399e023d	Enercon	N/A	N/A
[138]	Data carrier file "D02985043_2.0_de-en_Calculation_E-175 EP5 E2; LL03 WCII TCA 8.5-2; Machine loads.zip" MD5-checksum: c8cff93c8379a227fdd995f25a5d08b0	Enercon	D02985043 Rev. 2.0	N/A

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[139]	Data carrier file “D02985043_3.0_de-en_Calculation_E-175 EP5 E2; LL03 WCII TCA 8.5-2; Machine loads.zip” MD5-checksum: 37e67861c47776ec5f46bbe5fb42a7a3	Enercon	D02985043 Rev. 3.0	N/A
[140]	Design Evaluation Report– Load Assumptions Wind Turbine ENERCON E-175 EP5 E2 Rotor Blade Type E-175 EP5-RB-01 175 m hub height above ground level (tower E-175 EP5 E2-HST-175-FB-C-01) for WT class S and wind zone S here: tower and foundation loads	TÜV SÜD	4011309-14-d-1 Rev. 0	2025-10-27
[141]	Data carrier file “D03126184_1.0_LSET; LL04; E-175 EP5 E2-HST-175-FB-C-01.zip” MD5-checksum: f3c341cbc7adc403638c494a7f9022ba	Enercon	D03126184 Rev. 1.0	N/A
[142]	Data carrier file “D03125998_0.0_SSET; LL04; E-175 EP5 E2-HST-175-FB-C-01.zip” MD5-checksum:	Enercon	D03125998 Rev 0.0	N/A

1.2.4 Blattwurzel

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[143]	blade connection assembly	Enercon	D02882629 Rev. 1.0	2024-09-12
[144]	blade connection assembly	Enercon	D03021090 Rev. 0.0	2024-08-15
[145]	Test report E-175 EP5-RB-01 Initial static rotor blade test evaluation AUR	Enercon	D03006292 Rev. 0.1	2024-10-28
[146]	Test report E-175 EP5-RB-01 My Fatigue Test and My Residual Strength Test Evaluation AUR	Enercon	D03072672 Rev. 0.3	2024-10-28

1.2.5 Spezifikationen

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[147]	Technical specification Permitted manufacturing tolerances and strength-related minimum values for rotor blades in general	Enercon	D0265789 Rev. 9.3	2023-07-21
[148]	Specifications document Permitted manufacturing tolerances and minimum strength values for the E-175 EP5-RB-01	Enercon	D02912607 Rev. 3.0	2024-11-07
[149]	Technische Information Werkszeugnis / EG-Konformitätserklärung DIN EN ISO/IEC 17050 Produktbeschreibung: STABIFLEX Schachtabdeckung AB-950-PO-250kg- Typ 1 mit Griffmulden Belastungsklasse: Begehbar bis max. 250kg	Reha-TEC Gmbh	N/A EC-document no. D02289507 Rev. 0.0	2012-11-01
[150]	Spezifikation MK 06 000 -5 Sicherheitsrelevante Verbindungselemente	Enercon	D0203293 Rev. 5	2013-03-04

2 Grundlagen der Evaluierung

2.1 Angewendete Standards

Die Evaluierung der Dokumente erfolgte gemäß folgender Normen und Richtlinien:

Ref.	Nummer	Titel
/1/	IECRE OD-501:2022	Type and Component Certification Scheme
/2/	IECRE OD-501-1:2017	Conformity assessment and certification of Blade by RECB
/3/	DIN EN 61400-22:2011	Windenergieanlagen - Teil 22: Konformitätsprüfung und Zertifizierung
/4/	DIN EN IEC 61400-1:2019	Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen
/5/	DIN EN IEC 61400-5:2023	Windenergieanlagen - Teil 5: Rotorblätter von Windenergieanlagen
/6/	DIBt 2012	Richtlinie für Windenergieanlagen, korrigierte Fassung März 2015

2.2 Zusätzliche Standards

Zur Evaluierung wurden zusätzlich folgende Normen und Richtlinien herangezogen:

Ref.	Nummer	Titel
/7/	DIN EN 61400-23:2014	Windenergieanlagen - Teil 23: Rotorblätter - Experimentelle Strukturprüfung
/8/	GL 2010	Richtlinie für die Zertifizierung von Windenergieanlagen 2010
/9/	DIN EN ISO 898-1:2013	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl - Teil 1: Schrauben mit festgelegten Festigkeitsklassen - Regelgewinde und Feingewinde

3 Beschreibung

Das Rotorblatt Enercon E-175 EP5-RB-01 wird aus glasfaser- und kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff hergestellt. Es ist in Halbschalenbauweise gefertigt.

Die Blattwurzelverbindung ist mit T-Bolzen ausgeführt.

Die charakteristischen Daten des Rotorblattes sind im Anhang zu finden.

3.1 Auslegungslasten

In Tabelle 1 sind die betrachteten Windenergieanlagen-Varianten mit den zugehörigen Lastendokumenten und deren Gutachten aufgeführt.

Variante	Last Dokument	Prüfbericht
E-175 EP5 E1	[117], [122]	[116]
E-175 EP5 E2	[130]	[129]

Tabelle 1: Turbinen Varianten und zugehörige Lastdokumente.

4 Umfang der Evaluierung

Die vorgelegte Dokumentation wurde auf Vollständigkeit und Richtigkeit geprüft sowie hinsichtlich der Einhaltung der Anforderungen der Prüfgrundlagen. Die Nachweise wurden auf Grundlage von Vergleichsrechnungen geprüft, soweit anwendbar.

Die Bewertung umfasst die Nachweise des Rotorblattes wie im Folgenden aufgelistet:

- Beulen
- Faserbruch
- Zwischenfaserbruch
- Knittern
- Verklebungen
- Ermüdung
- Blattwurzellaminat
- Scherversagen des Kernmaterials

Die folgenden Inhalte waren ebenfalls Teil der Prüfung:

- Übereinstimmung der Zeichnungen mit den Annahmen der entsprechenden Nachweise
- Die Ableitung der verwendeten Materialparameter aus den Materialtestberichten
- Die radiale Verteilung der strukturellen Eigenschaften (Massen, Biegesteifigkeiten)
- Die Spezifikation der Rotorblatttests
- Transport- und Montagelastfälle und Randbedingungen
- Blattquerbolzen
- Mannlochplatte und Deckel (Verstärkungsring)
- Aerodynamischen Eigenschaften des Rotorblattes
- Blattbolzen
- Blatt Hinterkanten Serrations
- Vortex Generatoren
- Eignung für Kaltklimabedingungen

Folgende Inhalte waren nicht Gegenstand dieser Prüfung:

- Handbücher
- Blitzschutzsystem
- De-Icing System

5 Bemerkungen

Das Rotorblatt wurde entsprechend den in der Konstruktionsbasis und Methodendokument für das Rotorblatt [1] angegebenen Methoden sowie der allgemeinen Konstruktionsbasis der Windenergieanlage [106] nachgewiesen, die vom TÜV SÜD in [108] geprüft wurde.

5.1 Rotorblatt Struktur

Für den Nachweis des Rotorblattes [6] wurden Extremlasten und Zeitreihen für Ermüdungslasten aus der Lasteinhüllende [130] verwendet. Die Lasteinhüllende umfasst sowohl die Lasten der Turbine Enercon E-175 EP5 E1 in [117] und [122] (geprüft in [116]) als auch die der Turbine Enercon E-175 EP5 E2 (geprüft in [129]). Für die Vergleichsrechnung wurden Markov-Matrizen verwendet, wie in Datei [135] vorgelegt. Die Markov-Matrizen wurden auf Übereinstimmung mit den Lastannahmen des Lastdokumentes [136] überprüft, das wiederum von der geprüften Lasteneinhüllenden [133] abgedeckt ist.

Die in [71] beschriebenen Transport- und Installationlastfälle, inklusive Einzelblattmontage, wurden, wie in [111] von ENERCON Global GmbH angegeben, berücksichtigt.

Die in der Materialspezifikation [64] gelisteten Materialeigenschaften sind durch Tests ausreichend nachgewiesen und wurden richtig aus den Materialtestberichten, die in [112] gelistet sind, übernommen.

Die aerodynamischen Eigenschaften des Rotorblatts wurden hinsichtlich der Auftriebs-, Widerstands- und Momentenbeiwerten der entsprechenden Strömungsprofile geprüft und stimmen mit den aerodynamischen Eigenschaften überein, die im Simulationsmodell [101] für die aeroelastischen Lastberechnungen verwendet wurden. Die radialen Positionen der Strömungsprofile [102] wurden ebenfalls überprüft und stimmen mit dem Simulationsmodell [101] überein. Eine Übersicht über die Herleitung der aerodynamischen Kenndaten ist in [115] dokumentiert.

Das FE-Modell der Rotorblattstruktur wurde hinsichtlich Maßhaltigkeit, Materialeigenschaften und geeigneter Vernetzung bewertet. Die Übereinstimmung des FE-Modells mit den Zeichnungen zum Lagenaufbau wurde im Detail geprüft. Die Übereinstimmung der im FE-Modell definierten Materialeigenschaften mit der Materialspezifikation [64] wurde ebenso geprüft. Das FE-Modell stimmt hinreichend mit den Designannahmen überein.

Die verwendeten Sicherheitsfaktoren nach /5/ wie in [1] genauer angegeben, entsprechen den gängigen Industriestandards. Zusätzlich wurde der Teilsicherheitsbeiwert für Fertigungseinflüsse (γ_{m3}) von Klebeverbindungen, wie in [69] genauer angegeben, auf der Grundlage von durchgeführten Tests in Übereinstimmung mit /5/ festgelegt, wie vom TÜV SÜD in [110] bestätigt.

Die Berechnungen zu den Extremlasten (Faserbruch, Zwischenfaserbruch) wurden mit Methoden nach Puck entsprechend dem Stand der Technik durchgeführt.

Für den Nachweis der lokalen Stabilität im Sandwichbereich wurde eine lineare Berechnung durchgeführt, während die globale Stabilität mit einer linearen FE-Beulberechnung nachgewiesen wurde.

Das Kernversagen wurde teilweise mit dem globalen Schalenmodell und teilweise mit Volumensubmodellen nachgewiesen.

Die Schadensberechnung bei der Ermüdungsrechnung erfolgt mittels der Palmgren-Miner-Regel. Die zulässige Lastspielzahl wird für die Glasfasermaterialien über das Goodman-

Diagramm und für die Kohlefasermaterialien über das abschnittsweise lineare Constant-Life-Diagramm ermittelt.

Für die Hinterkanten Serrations wurde ein detailliertes FE-Modell erstellt, das Ähnlichkeiten mit einem früheren Projekt belegt. Die Überprüfung erfolgt daher durch den Vergleich der Bruch- und Ermüdungsdehnungen des aktuellen Gesamtmodells mit den zulässigen Dehnungen aus den Testergebnissen des Vorgängerprojekts.

Für die Vortex-Generatoren wird der Klebeschub nachgewiesen, weil sie durch eine weiche Verbindung von der globalen Belastung entkoppelt sind.

Der Nachweis der Klebeverbindungen erfolgt durch eine analytische Berechnung der durchschnittlichen Scherspannung basierend auf getesteten Materialeigenschaften.

Die mechanischen Eigenschaften des Rotorblattes (Verlauf der Biegesteifigkeit, Massenverteilung und Eigenfrequenzen) die in der Lastsimulation verwendet wurden nach [116] stimmen mit dem für die Prüfung verwendeten FE-Modell überein.

Die Spezifikationen zum Rotorblatttest wurden hinsichtlich der abgeleiteten Testlasten und des allgemeinen Testprozedur bewertet. Die Testspezifikation erfüllt die Anforderungen der Norm IEC 61400-23 /7/. Für geringfügige Änderungen der Konstruktion gegenüber der in einer früheren Fassung dieses Berichts bewerteten Blattvariante, bleiben die Rotorblatttests gültig. Die Konstruktionsänderungen in Bezug auf den dritten Steg im Hinterkantenbereich wurden in den Testspezifikationen [67] und [68] berücksichtigt.

Für die Belegung der Schalen wurde eine Variante mit TriAx-Lagen (enthalten in den Zeichnungen [8] bis [49]) und eine gleichwertige Variante mit Biax- und UD-Lagen definiert ([51] bis [56]). Beide Varianten können alternativ verwendet werden.

Die Blattabschlussplattform (Ringspant) wurde für eine Flächenlast von 3 kN/m² bzw. für eine Einzellast von 1,5 kN nachgewiesen.

Die Luken der Plattform, wie in [112] gelistet, sind Zukaufteile mit einer Konformitätsbescheinigung nach DIN EN ISO/IEC 17050 und wurden wie in [149] beschrieben, hinsichtlich der Anforderungen der EN124 bzw. ISO15398 für eine maximale Belastung von 250kg nachgewiesen.

Die in den eingereichten Nachweisen ausgewiesenen Restsicherheiten können innerhalb üblicher technischer Abweichungen bestätigt werden.

Soweit nicht anders angegeben, wurden die eingereichten Nachweise durch unabhängige Vergleichsrechnung geprüft.

Die Anforderungen an die Herstellung des Rotorblattes sind geeignet, um die im Rahmen der Nachweise angenommene Qualität zu erreichen.

Die Anforderungen an die Qualität des Entwurfsprozesses wurden durch das ISO 9001-Zertifikat [109] nachgewiesen.

Die für das De-Icing-System benötigten Steg-Bypässe waren Teil des Designs, wie in [6] nachgewiesen.

Die in [6] angegebene Restsicherheiten können gegenüber dem Lastset [130] innerhalb üblicher technischer Abweichungen bestätigt werden. Der in den eingereichten Zeichnungen [51] bis [56] dargestellte alternative Lagenaufbau wurde in [50] für den Lastbereich [130] nachgewiesen. Der Einfluss dieser Änderungen auf die Blattmassenverteilung und Eigenfrequenz ist nicht signifikant. Die Änderungen der relevanten Auslastungen der verschiedenen

Verstärkungsmaterialien für die verschiedenen Versagensmodi sind geringfügig und können akzeptiert werden. Die spezifizierten Rotorblatttests behalten ihre Gültigkeit.

5.2 Blattwurzel und Schraubverbindung Rotorblatt zu Rotorblattlager

Die Blattwurzelverbindung wurde als Querbolzenanschluss ausgeführt. Die relevante Spannung im Querbolzen wird analytisch aus der axialen Schraubenkraft hergeleitet. Für den Faserbruchnachweis der Blattwurzelverbindung wird die resultierende Elementmittelspannung aus einem Volumen-FE-Modell mit zulässigen Werten aus den Testergebnissen in [59] verglichen. Zusätzlich erfolgte der Zwischenfaserbruchnachweis des Laminats an der Blattwurzelverbindung anhand der Rotorblatttests, siehe Testberichte [145] und [146]. Die Bewertung der Tests wird gesondert dokumentiert.

Gemäß der Spezifikation [150] erfüllt die Schraubverbindung an der Blattwurzel die Anforderungen der Norm der ISO 898-1 /9/, und der Charpy-Kerbschlagbiegeversuch für feuerverzinkte Bolzen wird bei -40 °C durchgeführt. Daher ist die Schraubverbindung für den Einsatz in Kalt-Klima geeignet.

Einzelheiten zu den evaluierten Schraubverbindungen sind in Tabelle 2 zu finden.

Turbine	Anzahl Bolzen	Größe	Festigkeit	Angen. Anzieh-faktor nach VDI	Max. Vorsp. kraft [kN]	Torsion berücks.	Nachweis	Bestätigte Lasten	Zusätzl. Lasten
E1	71	M42	10.9	1.2	860	nein	[57]	[117], [128]	[122]
E2							[58]	[130], [138]	[141], [139]

Tabelle 2: Schraubverbindung Rotorblatt zu Blattlager.

Die Blattwurzelverbindung für die Turbine Enercon E-175 EP5 E1 wurde durch einen Lastvergleich [4] für das neue Lastset [122] nachgewiesen. Daher bleiben die in [57] ausgewiesene Restsicherheit bestehen, die sich auf das Lastset [117], [128] und dessen Zusatzdaten [120] beziehen.

Die Blattwurzelverbindung für die Turbine Enercon E-175 EP5 E2 wurde in [58] mit einer aktualisierten Berechnung verifiziert, die auch die konstruktiven Änderungen an der Blattverbindung [144] berücksichtigt. Die in [58] angegebene Restsicherheiten können gegenüber dem Lastset [130] für die Turbine Enercon E-175 EP5 E2 bestätigt werden. Die Blattwurzelverbindung für die Turbine Enercon E-175 EP5 E2 wurde durch einen Lastvergleich [5] für das neue Lastset [141] und [139] nachgewiesen. Daher bleiben die in [58] ausgewiesene Restsicherheit bestehen, die sich auf das Lastset [130] und [138].

5.3 Kaltklima Bedingungen

Die mechanischen Eigenschaften des verwendeten Harzsystems und des strukturellen Klebstoffs wurden getestet und in [105] dargestellt. Die zugrundeliegenden Prüfberichte sind in der letzten Revision von [112] zu finden. Die Änderung der mechanischen Eigenschaften des Harzsystems ist durch den verwendeten Teilsicherheitsbeiwert für Kälteeinflüsse abgedeckt. Die Änderung der Kennwerte für den Klebstoff wurde in [103] und [104] für die statischen Extremlasten nachgewiesen.

5.4 Änderungen in der letzten Revision dieses Berichtes

Ein neues Lastset [141] (geprüft in [140]) für die Turmvariante E-175 EP5 E2-HST-175-FB-C-01 für die Turbine Enercon E-175 EP5 E2 wurde durch einen Lastvergleich [2] und [3] für die Blattstruktur nachgewiesen. Für den Lastvergleich [3] wurden die Zeitreihen [142] zugrunde gelegt, welche Bestandteil des in [140] geprüften Lastset [141] sind. Daher bleiben die Restsicherheiten in [6] angegebene Restsicherheiten gegenüber dem Lastset [130] weiterhin gültig. Für die Blattwurzel und ihre Schraubverbindung wurde ein Lastvergleich [5] für die Lasten [139] und [141] gemacht.

6 Gutachtliche Stellungnahme

Die zur Evaluierung der Konstruktion des Rotorblattes Enercon E-175 EP5-RB-01 vorgelegten Dokumente für die Windenergieanlagen Enercon E-175 EP5 E1 und E-175 EP5 E2 entsprechen den Anforderungen der in Kapitel 2.1 angegebenen Zertifizierungsschemas und Standards sowie der Konstruktionsbasis [106], sofern die nachstehenden Bedingungen erfüllt sind.

Das Rotorblatt wurde für die im Anhang aufgeführten Konfigurationen evaluiert.

Offene Punkte

Keine.

Auflagen

1. Die Oberfläche der Rotorblätter regelmäßig, mindestens jährlich, von geschultem Personal zu inspizieren. Im Falle von Beschädigungen sind diese zeitnah professionell zu reparieren. Die Wartungsanweisungen des Herstellers sind zu beachten.
2. Durch das Qualitätssystem ist zu gewährleisten, dass die gefertigten Rotorblätter hinsichtlich Maße und charakteristischen Daten den gegebenen Daten in den Konstruktionszeichnungen und Berechnungen entsprechen (Faserlagen, Anzahl der Lagen, Faserrichtung, Faser und Matrix Anteil, usw.). Vor der Endmontage der Rotorblätter ist eine detaillierte visuelle Inspektion durchzuführen, um zu vermeiden, dass durch den Transport beschädigte Rotorblätter montiert werden.
3. Die jeweils gültigen nationalen Bestimmungen bezüglich Inspektionen des Rotorblattes durch Dritte sind einzuhalten.

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Windenergiesysteme

Bewertung



M. Schmalstieg

Evaluierung



M. Klüpfel

Anhang: Charakteristische Eigenschaften des Rotorblattes

Eigenschaft	Wert
Blattlänge	85990 mm
Blattgewicht	27265 kg inklusive der Blattbolzen
Schwerpunkt	24.97m von der Blattwurzel
Statisches Moment	6680 kNm von der Blattwurzel
1. Eigenfrequenz Schlagrichtung	0.456 Hz
1. Eigenfrequenz Schwenkrichtung	0.699 Hz
Material	Glasfaser verstärkter Kunststoff (GFK) Sandwichstruktur mit Kohlefaserverstärkter Kunststoff (CFK) Gurten
Blattwurzelverbindung	71 T-Bolts auf Ø 3200 mm für M42 Schrauben
Materialsicherheit für Turmfreigang	1.10
Lastenspezifikation E-175 EP5 E1 & E2	Dokument D03046882, Rev. 0.2 [130]
Normaltemperatur	-20°C bis +40°C
Extremtemperatur	-40°C bis +50°C
Aerodynamische Anbauteile	Vortexgenerator und Serrations
Optionale Ausstattung	De-Icing-System
Charakteristische Verkehrslasten für die Blattplattform	3 kN/m^2 oder 1.5 kN an der ungünstigsten Stelle

Tabelle 3: Bewertete Komponenten

ABTEILUNG WINDENERGIEANLAGEN

Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.

Gutachtliche Stellungnahme

Datum: 26.06.2024

Bericht Nr.: **3821605-92-d-3 rev. 1**

Objekt: **Typprüfung - Rotorblatt**
Enercon E-175 EP5-RB-01
für die Windenergieanlage Enercon E-175 EP5

Hier: Initiale Statische Tests

Grundlage der Evaluierung: DIN EN 61400-22:2011

Auftraggeber:
Enercon Global GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

Unsere Zeichen:
IS-ESW-MUC

Dokument:
3821605-92-d-3_Rev-1_Enercon_RB_E-175-EP5-RB-01_Full-scale-tests_initial-static.docx

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.

Revision	Datum	Änderungen
0	17.06.2024	Erstfassung
1	26.6.2024	Auflage entfernt

Inhaltsverzeichnis

1 Dokumente ... 3
1.1 Evaluierte Dokumente ... 3
1.2 Eingesehene Dokumente ... 3
2 Grundlagen der Evaluierung ... 4
2.1 Angewendete Standards ... 4
2.2 Zusätzliche Standards ... 4
3 Beschreibung ... 4
4 Umfang der Evaluierung ... 4
5 Bemerkungen ... 4
6 Gutachtliche Stellungnahme ... 5

1 Dokumente

1.1 Evaluierte Dokumente

Folgende Dokumente wurden zur Evaluierung vorgelegt:

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[1]	Measurement report E-175 EP5-RB-01 Initial static rotor blade test evaluation CENER	Enercon	D03010152/0.2	2024-04-11
[2]	Measurement report E-175 EP5-RB-01 Initial static rotor blade test evaluation AUR	Enercon	D03006292/0.1	2024-04-10
[3]	STATIC TEST REPORT According to IEC 61400-23:2014 E-175 EP5-RB-01 Blade	CENER	21.4227.0-1 EE (Enercon: D03020196-0.0)	2024-04-25
[4]	Technical specification E-175 EP5-RB-01 Rotor blade test specification CENER	Enercon	D02901607/3.4	2024-04-05
[5]	Technical specification E-175 EP5-RB-01 Rotor blade test specification AUR	Enercon	D02901606/4.0	2024-04-09

1.2 Eingesehene Dokumente

Folgende Dokumente wurden im Rahmen der Evaluierung zusätzlich herangezogen:

[6]	Design Base E-175 EP5 Rev. 0.2	Enercon	D02833990, rev. 0.2	2023-11-10
[7]	Design Basis Evaluation Report Wind Turbine ENERCON E-175 EP5 Hub Heights 112 m, 132 m, 140 m, 162 m, 175 m Rotor Blade Type E-175 EP5-RB-01 for WT-class S	TÜV SÜD	3743008-1-e-0 rev. 0	2023-12-04
[8]	„D02833439_2.1_E-175 EP5;LL03 SC WCII TCA 8.5-2; Blade loads.zip“ MD5-checksum: 0DF11BBFAE398E1C40A09E1FFBED7096	Enercon	D02833439 rev. 2.1	2023-06-12
[9]	Design Evaluation – Load Assumptions Wind Turbine ENERCON E-175 EP5 Rotor Blade Type E-175 EP5-RB-01 112 m, 132 m, 140 m, 162 m and 175 m hub height above ground level WT class S and wind zone S here: machinery and rotor blade loads	TÜV SÜD	3743008-9-e-1 rev. 1	2023-12-12
[10]	Technical specification Permitted manufacturing tolerances and strength-related minimum values for rotor blades in general	Enercon	D0265789/8.1	2022-07-22
[11]	Calculation E-175 EP5-RB-01 Verification of Rotor Blade	Enercon	D02899343/0.3	2023-08-04
[12]	Design Evaluation – Rotor Blade Enercon E-175 EP5-RB-01 for Wind Turbine Enercon E-175 EP5	TÜV SÜD	3821605-31-e-3 rev. 0	2024-01-25
[13]	Indicação de dano (notification of damage) for Serial no. EVC0002	Enercon	ID:0095	2024-03-01
[14]	Non-conformity – Corrective action	CENER	04-09-01-01-R00	-
[15]	Collection of calibration documentation MD5-checsum: 52f496bd31aee1e0e5d0b475afc1013b	Enercon	D03014314-0.2	-

2 Grundlagen der Evaluierung

2.1 Angewendete Standards

Die Evaluierung der Dokumente erfolgte gemäß folgender Normen und Richtlinien:

Ref.	Nummer	Titel
/1/	DIN EN 61400-22:2011	Windenergieanlagen - Teil 22: Konformitätsprüfung und Zertifizierung
/2/	DIN EN IEC 61400-5:2020	Windenergieanlagen - Teil 5: Rotorblätter von Windenergieanlagen
/3/	DIN EN 61400-23:2011	Windenergieanlagen - Teil 23: Rotorblätter – Experimentelle Strukturprüfung
/4/	DIN EN IEC 61400-24:2020	Windenergieanlagen - Teil 24: Blitzschutz

2.2 Zusätzliche Standards

Zur Evaluierung wurden zusätzlich folgende Normen und Richtlinien herangezogen:

Ref.	Nummer	Titel
/5/	DNV-ST-0376:2021	Rotor blades for wind turbines

3 Beschreibung

Das Rotorblatt vom Typ Enercon E-175 EP5-RB-01 wird aus glasfaserverstärktem Kunststoff mit Gurten aus kohlefaserverstärktem Kunststoff hergestellt. Er besteht aus zwei Schalen und zwei Stegen, die nach getrennter Infusion miteinander verklebt werden. Die Blattwurzel ist mit Querbolzen konstruiert. Die Tests folgen der Spezifikation in der Konstruktionsgrundlage [6].

Die charakteristischen Daten des Rotorblattes sind im Anhang von Bericht [12] angegeben.

4 Umfang der Evaluierung

Geprüft wurde die Anwendbarkeit der statischen Tests der experimentellen Strukturprüfung, die am Rotorblatttyp E-175 EP5-RB-01 bei den akkreditierten Testinstituten CENER und Enercon erfolgt sind.

Die zugehörigen Testspezifikationen [4] und [5] wurden auf Richtigkeit und Vollständigkeit geprüft. Die Testberichte [1] bis [3] von Enercon und CENER wurden auf Vollständigkeit und Anwendbarkeit geprüft. Die Fertigungsdokumentation der Testblätter wurde auf Übereinstimmung mit der bewerteten Konstruktion geprüft.

5 Bemerkungen

Die statischen Rotorblatttests der experimentellen Strukturprüfung des Typs Enercon E-175 EP5-RB-01 wurden an zwei akkreditierten Testinstituten durchgeführt:

- Enercon, akkreditiert als RECTF, Blattseriennummer EVC0001
- CENER, akkreditiert als RETL, Blattseriennummer EVC0002

Für die Tests wurde eine gesonderte Testspezifikationen für jedes Testinstitut erstellt, die im Rahmen der Bewertung der Konstruktion des Rotorblattes [12] geprüft wurden. Die aktuellen

Revisionen ([4] und [5]) wurden für die Tests zugrunde gelegt. Die Unterschiede zwischen den im Rahmen der Konstruktionsbewertung berücksichtigten Revisionen und den verwendeten Revisionen wurden vom TÜV SÜD geprüft und sind in Übereinstimmung mit der Norm IEC 61400-23 /3/
Die abgeleiteten Ziel-Testlasten wurden auf Basis der Lasten in [8] ermittelt.

Die durchgeführten Tests beinhalten die initialen statischen für die Richtungen $Flap_{max}$, $Flap_{min}$, $Edge_{max}$ und $Edge_{min}$.

Die Dokumentation der Tests ist ausreichend und erfüllt die Anforderungen der Norm IEC 61400-23 /3/. Die Messergebnisse wurden in den Berichten [1] bis [3] angegeben. Danach wurden die Lasten erfolgreich aufgebracht, wobei oberflächliche Schäden ohne Relevanz für die Standsicherheit beobachtet wurden.

Die gemessenen Werte wurden vom Hersteller in den Berichten [1] und [2] mit den vorhergesagten Werten im Hinblick auf die Anforderungen in IEC 61400-5 /2/ verglichen. Die gemessenen Eigenfrequenzen stimmen ausreichend mit den nominellen Werten überein. Die während der statischen Tests gemessenen Durchbiegungen und Dehnungen stimmen ausreichend mit den vorhergesagten Werten überein.

Die Tests wurden bei Umgebungstemperaturen von etwa 10°C (CENER) und 20°C (Enercon) durchgeführt.

Der ohmsche Widerstand des Blitzschutzsystems wurde vor und nach den Tests gemessen, wobei keine ungewöhnlichen Änderungen festgestellt wurden.

Die Fertigungsdokumentation der Testblätter wurde dem TÜV SÜD vor Ort zugänglich gemacht. Das Testblatt wurde im Wesentlichen in Übereinstimmung mit den im Prüfbericht zur Bewertung der Konstruktion genannten Dokumenten hergestellt. Festgestellte Abweichungen sind im Hinblick auf die Rotorblatttests irrelevant.

6 Gutachtliche Stellungnahme

Die zur Evaluierung der Typprüfung, hier der initialen statischen Rotorblatttests, vorgelegten Dokumente für das Rotorblatt Enercon E-175 EP5-RB-01 entsprechen den Anforderungen der in Kapitel 2.1 angegebenen Zertifizierungsschemas und Standards sowie der Konstruktionsbasis [6].

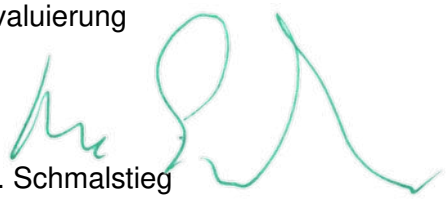
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Abteilung Windenergieanlagen

Bewertung



K. Thomas

Evaluierung



M. Schmalstieg

WINDENERGIESYSTEME

Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.

Gutachtliche Stellungnahme

Datum: 2025-12-18

Bericht Nr.: **3821605-21-d-2 Rev. 4**

Objekt: **Evaluierung der Konstruktion – Handbücher, Personensicherheit und Betriebsführungs- und Sicherheitssystem (BUSSY)**
Windenergieanlage ENERCON E-175 EP5 E1 und E-175 EP5 E2

Prüfgrundlage: IECRE OD-501:2022
DIN EN 61400-22:2011
DIBt 2012

Auftraggeber: ENERCON Global GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Deutschland

Unsere Zeichen:
IS-ESW-MUC

Dokument:
3821605-21-d-2_Rev-4_ENERCON_E-175_EP5_HAPSCAPS.docx

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 tuvsud.com/impressum

Aufsichtsrat:
Walter Reithmaier (Vors.)
Geschäftsführung:
Simon Kellerer (Sprecher)
Thomas Kainz
Paula Pias Peleteiro

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Prüfamt für Standsicherheit für die Bautechnische Prüfung von Windenergieanlagen
Westendstraße 199
80686 München
Deutschland
Telefon: 089 5791-3146

tuvsud.com/de-is
Tel. Zentrale: 089 5190-4001

Revision	Datum	Änderungen
0	2024-03-27	Erstfassung
1	2024-07-31	Dokumente [86] und [87] aufgenommen. Dokument [84] und Anhang 1 aktualisiert. Redaktionelle Änderungen.
2	2025-09-11	Anlagentyp E-175 EP5 E2 aufgenommen. Dokumente [2], [6], [10], [12], [13], [14], [16], [19], [20], [24], [26], [31], [50], [51], [57], [59], [62], [86], [87], [88], [89], [90], [91], [95], [100], [106], [107], [108], und [111] bis [113] hinzugefügt. Dokumente [1], [3] bis [5], [9], [15], [17], [18], [21], [25], [30], [32] [33], [53], [56], [60], [85], [90], [96], [97], [98], [99], [101], [102], [105], und Anhänge 1 bis 3 aktualisiert. Dokumente [26], [27], [29], [30], [47], [63], [64] und [73] aus Rev. 1 ersetzt. Dokumente [36] bis [38] und [62] aus Rev. 1 entfernt. Auflagen 4 und 6 ergänzt. Auflagen 4, 6, 7 und 8 aus Rev. 1 entfernt. Redaktionelle Änderungen.
3	2025-11-12	Turm E-175 EP5 E1-HT-162-ES-C-01 / E-175 EP5 E2-HT-162-ES-C-01 (E25) aufgenommen. Dokumente [11], [12] und [110] hinzugefügt. Dokumente [41], [87], [92], [106] und [109] aktualisiert. Redaktionelle Änderungen.
4	2025-12-18	Turm E-175 EP5 E2-HST-175-FB-C-01 aufgenommen. Dokumente [5], [59], [86], [91], [92],[100], [101], [102] und [103] aktualisiert. Dokument [111], [116] und [117] hinzugefügt. Redaktionelle Änderungen.

Notiz: Referenzangaben älterer Revisionen könnten sich geändert haben und könnten bei der aktuellen Revision nicht mehr zutreffen.

Inhaltsverzeichnis

1 Dokumente 4
1.1 Evaluierte Dokumente 4
1.2 Eingesehene Dokumente 6
2 Grundlage der Evaluierung 11
2.1 Angewendete Standards 11
2.2 Zusätzliche Standards 11
3 Beschreibung 11
4 Umfang der Bewertung 12
4.1 Handbücher 12
4.2 Personensicherheit 12
4.3 Betriebsführungs- und Sicherheitssystem (CAPS) 12
5 Bemerkungen 13
5.1 Handbücher 13
5.2 Personensicherheit 13
5.3 Betriebsführungs- und Sicherheitssystem (BUSSY) 15
6 Gutachtliche Stellungnahme 16
Auflagen 17
Handbücher: 17
Betriebsführungs- und Sicherheitssystem (BUSSY): 17
Anhang 1: Evaluierte Windenergieanlagen 18
Anhang 2: Komponenten Personensicherheit 19
Anhang 3: CAPS – Evaluierte Komponenten 20

1 Dokumente

1.1 Evaluierte Dokumente

Folgende Dokumente wurden zur Evaluierung vorgelegt:

1.1.1 Handbücher

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
	1.1.1.1 Errichtung			
[1]	Montageanleitung Generelle Montage Stahlrohrturm (ST) und Stahlsektionen (HT)	ENERCON	D02912040/7.0-de	2025-08-20
[2]	Montageanleitung Generelle Montage Stahlrohrturm (ST) und Stahlsektionen (HT)	ENERCON	D02910147/4.0-de	2025-04-28
[3]	Montageanleitung Generelle Montage Hybrid-Stahlturm (HST)	ENERCON	D02892786/3.2-de	2025-03-12
[4]	Bolting Specification HST	ENERCON	D02277340/13.0	2025-08-19
[5]	Montagehinweise zu Stahl und MST Sektionen	ENERCON	D03002652/3.4-de	2025-12-18
[6]	Spezifikation: Temporäre Teilvorspannung bei Fundamentkörben	ENERCON	D0193587/3.0-de/en	2025-08-11
[7]	Errichtungsanleitung E-175 EP5-HT-162-ES-C-01 (E23)	Max Bögl	WEA ErrAnl, Rev. 02 (ENERCON: D02784505_2.0)	2024-02-05
[8]	Montageanleitung Stahlsektionen Hybridturm E-175 EP5-HT-162-ES-C-01 (E23)	ENERCON	D02902364/1.0-de	2024-01-31
[9]	Montageanleitung Vormontage und Montage Gondel, Windenergieanlage E-175 EP5	ENERCON	D02875915/1.0-de	2024-05-21
[10]	Montageanleitung Vormontage und Montage Gondel, Windenergieanlage E-175 EP5 E2 Prototyp	ENERCON	D02875916/0.0-de	2024-07-03
[11]	Errichtungsanleitung E-175 EP5-HT-162-ES-C-01 / E-175 EP5 E2-HT-162-ES-C-01 (E25)	Max Bögl	WEA ErrAnl, Rev. 02 (ENERCON: D03190638/2.0)	2025-10-27
[12]	Montageanleitung Stahlsektionen Hybridturm E-175 EP5 E1/E2-HT-162-ES-C-01 (E25)	ENERCON	D03187219/2.0-de	2025-10-30
	1.1.1.2 Inbetriebnahme			
[13]	Inbetriebnahmeanleitung ENERCON Windenergieanlage E-175 EP5, Herstellervorgaben und Protokoll	ENERCON	D02881335/3.2-de	2025-09-08
[14]	Inbetriebnahme (IB) E-175 EP5, Kundenprotokoll	ENERCON	Projektnummer: S-12458-001	2024-11-08
[15]	Inbetriebnahmeanleitung Inbetriebnahme ENERCON Windenergieanlage E-175 EP5 E2, Herstellervorgaben und Protokoll	ENERCON	D02921541/3.2-de	2025-09-08
[16]	Inbetriebnahme (IB) E-175 EP5 E2, Beispiel Kundenprotokoll	ENERCON	Projektnummer: S-12487-001	2024-05-28

1.1.1.3 Betrieb

[17]	Betriebsanleitung E-175 EP5	ENERCON	D02896061/5.0-de	2025-07-10
[18]	Betriebsanleitung E-175 EP5 E2	ENERCON	D02938178/1.0-de	2025-07-02

1.1.1.4 Wartung

[19]	Wartungsanleitung Hauptwartung, Windenergieanlage E-175 EP5 (Zertifizierungsanleitung / Protokoll)	ENERCON	D02881336/7.0-de	2025-09-05
[20]	Inbetriebnahmeanleitung 300 h-Wartung, Windenergieanlage E-175 EP5 (Zertifizierungsanleitung / Protokoll)	ENERCON	D02881337/5.0-de	2025-09-05
[21]	Wartungsanleitung Hauptwartung Windenergieanlage E-175 EP5 E2 (Zertifizierungsanleitung / Protokoll)	ENERCON	D02921543/3.0-de	2025-09-08
[22]	Inbetriebnahmeanleitung 300 h-Wartung Windenergieanlage E-175 EP5 E2 (Zertifizierungsanleitung / Protokoll)	ENERCON	D02921542/2.0-de	2025-09-08

1.1.1.5 Transport

[23]	Verladehandbuch EP5	ENERCON	D02109115/10.0	2025-07-18
[24]	Verladehandbuch Betontürme (HT)	ENERCON	D02554044/0.0	2022-03-28
[25]	Verladehandbuch Stahltürme	ENERCON	D02109110_2.1	2024-01-23
[26]	Verladehandbuch Turmwandbleche (MST/HST)	ENERCON	D02810547/1.0	2025-01-16

1.1.2 Personensicherheit

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[27]	Technische Beschreibung Flucht- und Rettungswege E-175 EP5	ENERCON	D02686561/4.0-de	2025-06-25
[28]	Technische Beschreibung Flucht- und Rettungswege E-175 EP5 E2	ENERCON	D03046771/1.1-de	2025-06-18
[29]	Technische Beschreibung Brandschutz EP5	ENERCON	D0736681/8.0-de	2023-06-23

1.1.3 Betriebsführungs- und Sicherheitssystem (BUSSY)

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[30]	Datei “D02816418_2.0-de_System-FMEA für E-175 EP5 und E-160 EP5 E3 R1 (FMEA).xlsx“ MD5 Prüfsumme: ca752a4a7435f34a5e6053fd80c9b9d8	ENERCON	N/A	N/A
[31]	System – FMEA Gesamtsystem WEA	ENERCON	D02872426 Rev. 1.0	2023-05-12
[32]	Anforderungsspezifikation RS0000011-SafetyRS EP-SCS-03	ENERCON	D02254818 Rev. 8.1	2024-10-02
[33]	Technical Specification EP-SCS-03 Concept SF217 Pitch Rate Diagnosis Forecast	ENERCON	D03145056 Rev. 2.1-en	2025-06-03
[34]	Safety Requirement & Hardware Design Specification V8.10	ENERCON	D02314948 Rev. 5.1-de	2024-10-30

[35]	SISTEMA - Sicherheit von Steuerungen an Maschinen Projektname: ENERCON Safety Control System EP-SCS-03 EP5	ENERCON	D02933611 Rev. 1.0	2024-10-23
[36]	Prozessbeschreibung Control System Entwicklungsprozess v1.0	ENERCON	D0469841 Rev. 0	2016-05-26
[37]	Prototype test plan ENERCON WEA with PICS	ENERCON	D02561833 Rev. 1.0	2022-11-16
[38]	Technische Beschreibung Fehlermodes Control System E-175 EP5 ENERCON Windenergieanlage	ENERCON	D02938068 Rev. 0.0-de	2023-11-22

1.2 Eingesehene Dokumente

Folgende Dokumente wurden im Rahmen der Evaluierung zusätzlich herangezogen:

1.2.1 Handbücher

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
	1.2.1.1 Errichtung			
[39]	Montageanleitung Bodennahe Vormontage von modularen Stahlsektionen (MST+HST)	ENERCON	D02933081/2.0-de	2024-03-05
[40]	Montageprotokoll, Stahlturm und Stahlsektion auf HT	ENERCON	D02891168/4.0-de	2025-04-25
[41]	Montageprotokoll, E 175 EP5 (E2)-HT-162-ES-C-01 (E23/E25)	ENERCON	D02983800/1.3-de	2025-10-14
[42]	Montageanleitung Generelle Informationen und Tätigkeiten WEA-Montage und Großkomponententausch	ENERCON	D02998340/12.0-de	2024-07-30
[43]	Work instructions, General information on tightening tools	ENERCON	TD-seko-08-de-en-14-014, Rev. 007a	2023-02-03
[44]	Montageprotokoll, Maschinenhaus, E 175 EP5	ENERCON	D02985923/0.0-de	2024-02-02
[45]	Montageprotokoll, Rotorkopf, E 175 EP5	ENERCON	D02986297/0.0-de	2024-02-01
[46]	Montageprotokoll, Generator, E 175 EP5	ENERCON	D02986098/0.0-de	2024-02-02
[47]	Montageprotokoll, Rotorblätter, E 175 EP5	ENERCON	D02986394/0.0-de	2024-02-02
[48]	Montageprotokoll, Maschinenhaus, E 175 EP5 E2	ENERCON	D02990380/0.0-de	2024-07-05
[49]	Montageprotokoll, Generator, E 175 EP5 E2	ENERCON	D02990381/0.0-de	2024-07-04
[50]	Montageprotokoll, Rotorkopf, E 175 EP5 E2	ENERCON	D02990383/0.0-de	2024-07-05
[51]	Montageprotokoll, Rotorblätter, E 175 EP5 E2	ENERCON	D02990387/1.0-de	2024-12-17
[52]	Montageprotokoll, Hybrid-Stahlturm EP5	ENERCON	D02980820/2.0-de	2025-07-08
[53]	Spezifikation Anziehen HRC-Schrauben bei gleitfesten Verbindungen in HST	ENERCON	D1016518/7.0-de/en	2025-04-22
	1.2.1.2 Transport			
[54]	Zuwegung und Baustellenflächen, E-175 EP5 132 m Hybrid-Stahlturm, Prototyp	ENERCON	D02784780/2.0-de	2023-09-07
[55]	Zuwegung und Baustellenflächen, E-175 EP5 140 m Hybrid-Stahlturm, Prototyp	ENERCON	D02748538/1.2-de	2023-05-31

[56]	Zuwegung und Baustellenflächen, E-175 EP5 162 m Hybridturm, Prototyp	ENERCON	D02776932/4.0-de	2023-09-07
[57]	Spezifikation Zuwegung und Lichtraumprofil Hybridturm 2.0	Max Bögl	A_862 Rev. 3	2024-02-06

1.2.2 Personensicherheit

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[58]	Technische Beschreibung Anschlagpunkte zur Personensicherung E-160 EP5 E3 R1, E-175 EP5	ENERCON	D02816249/4.1-de	2025-07-10
[59]	Technische Beschreibung Anschlagpunkte zur Personensicherung ENERCON Windenergieanlagen E-175 EP5 E2	ENERCON	D03038361/3.1-de	2025-10-13
[60]	Technische Beschreibung Innenbeleuchtung	ENERCON	D0323524/8.0-de	2023-05-03
[61]	Beleuchtungsstärken Messprotokoll, Turmbeleuchtung	ENERCON	D03081538 Rev. 1.0	2024-11-15
[62]	Konformitätserklärung Sicherheitssteigleitern und Zubehör: Tr280, Tr273,3 und Tr280-3	SCS	SCS-004	2025-01-06
[63]	Zertifikat Hailo Wind Systems, ortsfeste Steigleiter 60x20	DEKRA	5017033.23002	2023-12-14 Gültigkeit: 2028-12-14
[64]	Baumusterprüfbescheinigung: Steigleiter mit Mittelholm LMB TR280 CC	DEKRA	ZP/C001/21 R1	2021-02-12 Gültigkeit: 2026-01-20
[65]	Baumusterprüfbescheinigung: Steigleiter mit Seitenholmen LMB-TR280-3 CC	DEKRA	ZP/C029/20 R1	2021-02-12 Gültigkeit: 2026-01-20
[66]	EU-Baumusterprüfbescheinigung: Bornack Railstop RS S06~~/ RS S~~	TÜV Austria	2819-2409-PSA24-070-Z	2024-12-20 Gültigkeit: 2029-08-31
[67]	EU-Baumusterprüfbescheinigung: MKL-Technik Twinstop	TÜV Austria	2683-2307-PSA23-081-Z	2024-08-22 Gültigkeit: 2028-06-30
[68]	EU-Baumusterprüfbescheinigung: SHE Solution Bergmann Climbtec CT02	DEKRA	ZP/B139/21	2021-11-15 Gültigkeit: 2026-11-14
[69]	EG-Baumusterprüfbescheinigung: Hailo TOPlift L1+/L2+/L3+	DEKRA	4817033.22001	2022-02-03 Gültigkeit: 2027-02-03
[70]	EG-Baumusterprüfung: Goracon Befahranlage GWB-300-L	TÜV Rheinland	01/205/0949A/24	2024-02-07 Gültigkeit: 2029-02-06
[71]	DGUV Test - Zertifikat: PSA-VRS M16	DGUV	23060015	2023-04-03 Gültigkeit: 2028-04-02
[72]	DGUV Test - Zertifikat: PSA-VRS M20	DGUV	23060016	2023-04-12

				Gültigkeit: 2028-04-11
[73]	DGUV Test - Zertifikat: PSA INOX STAR M16	DGUV	22060044	2022-12-20 Gültigkeit: 2027-12-19
[74]	DGUV Test - Zertifikat: PSA INOX STAR M20	DGUV	23060008	2023-01-18 Gültigkeit: 2028-01-17
[75]	Gutachtliche Stellungnahme - Ankerpunkte für Windenergieanlagen ENERCON	TÜV NORD	8118795781-8 D Rev. 2	2022-08-26
[76]	Baumusterprüfbescheinigung: Anschlageinrichtung Typ A, Haltegriff SAP 720997	DEKRA	ZP/B169/24	2024-10-28 Gültigkeit: 2029-10-27
[77]	Prüfbericht Podeste und Einbauten – Handgriffe	TÜV SÜD	3085095-21-d Rev. 2	2020-10-19
[78]	Datenblatt wieland PODIS LED Lamp RST 120VDC 5W STD	Wieland	-	2021-05-03
[79]	Datanblatt wieland PODIS LED Lamp RST 60VDC 20W LCR	Wieland	-	2023-07-27

1.2.3 Betriebsführungs- und Sicherheitssystem (BUSSY)

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[80]	Datei “D02713926_2.3-en_FMEA Teil-System Automatic positioning rotor locking.xlsx”, MD5 Prüfsumme: fb6f64259bebd15a9d73309b3c5eaa0f	ENERCON	N/A	N/A
[81]	Datei “D02832940_1.3-de_ - Teil-System - Pitchsystem (KEBA) E-175 EP5 und E-160 EP5 E3 R1 (FMEA).xlsx“, MD5 Prüfsumme: 81bf48a1b71c439b03a281ebbb68a2	ENERCON	N/A	N/A
[82]	Datei “D02832941_0.1-de_FMEA Teil-System - IPMSM Pitchmotor E-175 EP5.xlsx“ MD5 Prüfsumme: 56a2832d3c2611d1dfd3e1533a40de	ENERCON	N/A	N/A
[83]	Datei “D02832942_0.0-de_FMEA Teil-System_Yaw-System-E-175 EP5 E-160 EP5 E3 R1.xlsx“ MD5 Prüfsumme: 59c729db93843aaa85ec221bc14f4b	ENERCON	N/A	N/A
[84]	Datei “D02832944_0.0-de_FMEA Teil-System - Transformatorsicherheitskreis E-175 EP5 und E-160 EP5 E3 R1.xlsx“ MD5 Prüfsumme: c4a4dbea0d66bbea8a7e4870177cae	ENERCON	N/A	N/A
[85]	Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse Fehlerstromüberwachung (SF219) für das Projekt EP-SCS-03	ENERCON	D02338153 Rev. 1.3	2023-06-27
[86]	Reglerbeschreibung E-175 EP5	ENERCON	D02784270 Rev. 4.5	2025-10-24

[87]	Reglerbeschreibung E-175 EP5 E2	ENERCON	D03035424 Rev. 0.4	2025-09-05
[88]	Technische Beschreibung Anhalteprozeduren ENERCON Windenergieanlage E-175 EP5 E1, E-175 EP5 E2	ENERCON	D02872531 Rev 5.3	2025-06-12
[89]	Technische Beschreibung Sturmregelung ENERCON Windenergieanlagen	ENERCON	D0178786 Rev. 14	2022-10-18
[90]	Technische Beschreibung ENERCON Eisansatzerkennung ENERCON Platform Independent Control System (PI-CS)	ENERCON	D02531399 Rev. 1.0	2022-10-05
[91]	Safety-Parameter ENERCON E-175 EP5	ENERCON	D02914188 Rev. 5.0	2025-11-19
[92]	Safety-Parameter ENERCON E-175 EP5 E2	ENERCON	D03074270 Rev. 7.0	2025-11-25
[93]	Technical description Dimensioning Proof E-175 EP5+ Release 1.01	ENERCON	D02875954, Rev. 0.1-en	2023-08-08
[94]	Product Datasheet sech modules 522V 2F module	ENERCON	D02477608 Rev. 0.0	N/A
[95]	Technische Beschreibung Betriebszustände ENERCON Platform Independent Control System (PI-CS) Intern	ENERCON	D02436049 Rev. 0.0-de	2021-09-29
[96]	Herstellererklärung Software-Versionen E-175 EP5 E1 und E-175 EP5 E2	ENERCON	D03059026 Rev. 2.0-de	2025-09-11

Weitere, in [35] referenzierte, Datenblätter wurden berücksichtigt.

1.2.4 Weitere Dokumente

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[97]	Design Base E-175 EP5 E1 / E-175 EP5 E2	ENERCON	D02833990 Rev. 0.5	2024-10-27
[98]	Konstruktionsbasis Cold Climate Anlagen	ENERCON	D0666243 Rev. 6.2	2024-10-17
[99]	Evaluation Report - Design Basis Evaluation E-175 EP5 E1 and E2Lastsdf	TÜV SÜD	3743008-1-e-0 Rev. 3	2025-06-17
[100]	Gutachtliche Stellungnahme - Bewertung der Konstruktion - Maschinenbauliche Strukturen, Maschinebauliche Komponenten E-175 EP5 E1 und E-175 EP5 E2	TÜV SÜD	3821605-40-d-4 Rev. 4	2025-12-18
[101]	Gutachtliche Stellungnahme - Evaluierung der Konstruktion – Maschinenhausverkleidungen und Personenanschlagpunkte Windenergieanlagen Enercon E-160 EP5 E3 R1, E-175 EP5 E1, E-175 EP5 E2	TÜV SÜD	4011309-70-d-4 Rev. 1	2025-12-17
[102]	Gutachtliche Stellungnahme - Bewertung der Konstruktion – Rotorblatt E-175 EP5-RB-01, Windenergieanlagen Enercon E-175 EP5 E1 und E-175 EP5 E2	TÜV SÜD	3821605-31-d-3 Rev. 6	2025-12-18
[103]	Gutachtliche Stellungnahme - Bewertung der Konstruktion - Elektrische Komponenten und Blitzschutz, E-175 EP5 E1 / E-175 EP5 E2	TÜV SÜD	3821605-70-d-5 Rev. 3	2025-12-15

[104]	Prüfbericht für eine Typenprüfung - Prüfung der Standsicherheit - Hybridstahlturm E-175 EP5-HST-132-FB-C-01	TÜV SÜD	3821605-56-d-6 Rev. 0	2024-03-19
[105]	Prüfbericht für eine Typenprüfung - Prüfung der Standsicherheit - Hybridstahlturm E-175 EP5-HST-140-FB-C-01	TÜV SÜD	3743008-28-d-6 Rev. 2	2024-07-25
[106]	Prüfbericht für eine Typenprüfung - Prüfung der Standsicherheit - Hybridturm E-175 EP5-HT-162-ES-C-01 (Bögl E23)	TÜV SÜD	3743008-26-d-6 Rev. 4	2025-10-16
[107]	Prüfbericht für eine Typenprüfung - Prüfung der Standsicherheit - Hybridstahlturm mit Ankerkorb E-175 EP5 E1-HST-112-FB-C-01 / E-175 EP5 E2-HST-112-FB-C-01	TÜV SÜD	3821605-50-d-6 Rev. 0	2025-08-01
[108]	Prüfbericht für eine Typenprüfung - Prüfung der Standsicherheit - Hybridstahlturm E-175 EP5 E2-HST-132-FB-C-01	TÜV SÜD	4011309-90-d-6 Rev. 0	2025-06-26
[109]	Prüfbericht für eine Typenprüfung - Prüfung der Standsicherheit - Hybridstahlturm mit Ankerkorb E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01 / E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01	TÜV SÜD	4144246-6-d-6 Rev. 1	2025-10-16
[110]	Prüfbericht für eine Typenprüfung - Prüfung der Standsicherheit - Hybridturm E-175 EP5 E1-HT-162-ES-C-01 und E-175 EP5 E2-HT-162-ES-C-01 (Bögl E25)	TÜV SÜD	4011309-86-d-6 Rev. 0	2025-10-24
[111]	Prüfbericht für eine Typenprüfung - Prüfung der Standsicherheit - Hybridstahlturm mit Ankerkorb E-175 EP5 E2-HST-175-FB-C-01	TÜV SÜD	4011309-88-d-6 Rev. 1	2025-12-08
[112]	Gutachtliche Stellungnahme - Prüfung der Standsicherheit - Podeste und Einbauten des Turmes E-175 EP5-HST-132-FB-C-01	TÜV SÜD	3821605-57-d-8 Rev. 0	2024-07-26
[113]	Gutachtliche Stellungnahme - Prüfung der Standsicherheit - Podeste und Einbauten des Turmes E-175 EP5-HST-140-FB-C-01	TÜV SÜD	3821605-64-d-8 Rev. 0	2024-07-26
[114]	Gutachtliche Stellungnahme - Prüfung der Standsicherheit - Podeste und Einbauten der Türme E-175 EP5 E1-HST-112-FB-C-01 und E-175 EP5 E2-HST-112-FB-C-01	TÜV SÜD	3821605-51-d-8 Rev. 0	2025-08-01
[115]	Gutachtliche Stellungnahme - Prüfung der Standsicherheit - Podeste und Einbauten des Turmes E-175 EP5 E2-HST-132-FB-C-01	TÜV SÜD	4011309-905-d-8 Rev. 0	2025-06-26
[116]	Gutachtliche Stellungnahme - Prüfung der Standsicherheit - Podeste und Einbauten der Türme E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01 und E-175 EP5 E2-HST-162-FB-C-01	TÜV SÜD	4144246-11-d-8 Rev. 0	2025-11-21
[117]	Gutachtliche Stellungnahme - Prüfung der Standsicherheit - Podeste und Einbauten des Turmes E-175 EP5 E2-HST-175-FB-C-01	TÜV SÜD	4011309-85-d-8 Rev. 0	2025-12-09
[118]	Evaluation Report – Type Testing – Type InspectionWind Turbine Enercon E-175 EP5 E1	TÜV SÜD	3821605-94-e Rev. 1	2025-03-10

2 Grundlage der Evaluierung

2.1 Angewendete Standards

Die Evaluierung der Dokumente erfolgte gemäß folgender Normen und Richtlinien:

Ref.	Nummer	Titel
/1/	IECRE OD-501:2022	Type and Component Certification Scheme
/2/	IECRE OD-501-5:2017	Conformity assessment and certification of Control and Protection System by RECB
/3/	DIN EN 61400-22:2011	Windenergieanlagen - Teil 22: Konformitätsprüfung und Zertifizierung
/4/	DIN EN IEC 61400-1:2019	Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen
/5/	DIBt 2012	Richtlinie für Windenergieanlagen, korrigierte Version 2015

2.2 Zusätzliche Standards

Zur Evaluierung wurden zusätzlich folgende Normen und Richtlinien herangezogen:

Ref.	Nummer	Titel
/6/	DIN EN ISO 14122-1:2016	Sicherheit von Maschinen – Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen – Teil 1: Wahl eines ortsfesten Zugangs und allgemeine Anforderungen
/7/	DIN EN ISO 14122-2:2016	Sicherheit von Maschinen – Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen – Teil 2: Arbeitsbühnen und Laufstege
/8/	DIN EN ISO 14122-3:2016	Sicherheit von Maschinen – Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen – Teil 3: Treppen, Treppenleitern und Geländer
/9/	DIN EN ISO 14122-4:2016	Sicherheit von Maschinen – Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen – Teil 4: Ortsfeste Steigleitern
/10/	DIN EN 50308:2004	Windenergieanlagen – Schutzmaßnahmen – Anforderungen für Konstruktion, Betrieb und Wartung
/11/	IEC 61508-1:2021	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part1: General requirements
/12/	ISO 12100:2010	Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction
/13/	ISO 13849-1:2016	„Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design“

3 Beschreibung

Die Windenergieanlagen ENERCON E-175 EP5 E1 und E-175 EP5 E2 mit horizontaler Achse haben eine direkt getriebene Generatoreinheit und eine Nennleistung von 6000 kW bis 7000 kW. Die Anlagen arbeiten im Netzparallelbetrieb und werden mittels Blattwinkelverstellung und variabler Rotordrehzahl geregelt. Die Anlagen besitzen keine mechanischen Rotorbremsen. Das Bremsen und Positionieren des Rotors wird durch die Nutzung des Generators in einem speziellen Modus ermöglicht.

Die Anlagen verfügen über eine Befahranlage und ein Leitersystem mit Fangschutzvorrichtung. In den Türmen und dem Maschinenhaus sowie auf dem Dach können Plattformen, Personenanschlagpunkte und Geländer eingebaut sein.

Das Betriebsführungs- und Sicherheitssystem basiert auf einem industriellen SPS-System. Die 3 Rotorblätter fungieren als unabhängige Hauptbremssysteme, die die Windenergieanlage aus jeder Situation außerhalb des vorgesehenen Betriebsbereichs wieder in einen sicheren Zustand bringen.

4 Umfang der Bewertung

Die in Anhang 1 gelisteten Windenergieanlagen wurden anhand der vorgelegten Unterlagen durch die TÜV SÜD Industrie Service GmbH bewertet.

4.1 Handbücher

Die in der Tabelle 1 gelisteten Handbücher wurden auf Vollständigkeit und im Hinblick auf die Normen und Richtlinien in Kapitel 2 dieser Stellungnahme und die Konstruktionsbasis [97] und [98] evaluiert. Darüber hinaus wurden stichprobenartige Plausibilitätsprüfungen der Dokumente durchgeführt.

Handbuch	E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
Errichtung	[1] bis [9], [11] und [12]	[1] bis [12]
Inbetriebnahme	[13] und [14]	[15] und [16]
Bedienung	[17]	[18]
Wartung	[19] und [20]	[21] und [22]
Transport	[23] bis [26]	[23] bis [26]

Tabelle 1: Handbücher

4.2 Personensicherheit

Die eingereichten Dokumente für die in Anhang 1 genannten Windenergieanlagen wurden auf Vollständigkeit und Richtigkeit gemäß den Anforderungen an die Personensicherheit in den Grundlagen der Evaluierung in Kapitel 2 und der Konstruktionsbasis [97] und [98] evaluiert.

4.3 Betriebsführungs- und Sicherheitssystem (CAPS)

Die Evaluierung der Konstruktion und Funktionalität sämtlicher Elemente des Sicherheitssystems beschränkt sich auf die Komponenten: Sensorik, Logik und Aktuatorik des Sicherheitssystems.

Anstelle der Anforderungen in /4/ Abschnitt 8.3 *“Die Sicherheitsfunktionen müssen im Allgemeinen geeignet sein, eine WEA vor jedem einzelnen Versagen oder Fehler in einer Energiequelle oder einer nicht ausfallsicheren Komponente innerhalb des Systems, das die Sicherheitsfunktionen darstellt, zu schützen.”* wird der Nachweis der funktionalen Sicherheit auf Basis von /13/ erbracht.

Die in /4/ aufgeführten und betrachteten Normen verweisen auf weitere Normen und Standards. Die daraus resultierenden zusätzlichen Anforderungen werden nicht betrachtet.

Stehen abweichende Anforderungen der Windenergieanlagenstandards /1/ bis /5/ im Widerspruch zu denen der weiteren unter Kapitel 2.2 gelisteten Standards, so wurden zur Prüfung nur die Anforderungen aus /1/ bis /5/ herangezogen.

5 Bemerkungen

5.1 Handbücher

Die evaluierten Handbücher aus Tabelle 1 in Kapitel 4.1 beinhalten alle wesentlichen Tests der Sicherheitseinrichtungen, Wartungsmaßnahmen und Prüfungen, um einen sicheren und dauerhaften Betrieb der Anlage zu gewährleisten. In Übereinstimmung mit den Annahmen der Lastberechnung ist die Durchführung von Wartungsarbeiten nur während der in Handbuch [17] angegebenen Windgeschwindigkeiten erlaubt.

Die Angaben zu Anziehdrehmomenten und -verfahren in den Wartungs- und Errichtungshandbüchern wurden auf Plausibilität / Übereinstimmung mit den entsprechenden Werten aus den geprüften Konstruktionsunterlagen überprüft.

Zur Vermeidung von Schäden durch wirbelerregte Querschwingungen während der Errichtung gelten die Anforderungen in den Dokumenten [4] und [8], siehe Auflage 2.

Der Austausch kritischer Komponenten mit einer gegenüber der restlichen Anlage kürzeren Lebensdauer ist in den Wartungshandbüchern enthalten und wurde auf Plausibilität geprüft.

5.2 Personensicherheit

5.2.1 Sicherheitsanweisungen

Die Sicherheitsanweisungen der Handbücher [1] bis [25] wurden auf Plausibilität geprüft.

5.2.2 Klettereinrichtungen und Befahranlagen

Für die verwendeten Leitern und Befahranlagen wurden gültige Zertifikate [63] bis [70] vorgelegt.

Die Auflager und Halterungen für die Leitern und Befahranlagen sind gemäß /1/ und /3/ ausreichend zu dimensionieren (z.B. nach DIN EN 50308). Sie sind jedoch nicht Bestandteil von Einzel- und Typenprüfungen gemäß /5/.

5.2.3 Zugangswege und Durchgänge

Die Zugangswege und Durchgänge sind in Dokument [17] und [18] beschrieben und wurden auf Plausibilität geprüft.

5.2.4 Stehplätze, Plattformen, Fußböden und Geländer für Maschinenhaus und Nabe

Die Stehplätze, Plattformen und Geländer für das Maschinenhaus und die Nabe wurden in Bericht [100] bestätigt.

Die Blatt-Plattform wurde in Bericht [102] bestätigt.

5.2.5 Turm-Plattform-Leiter-System

Die Bewertung der Podeste und Einbauten in den Türmen

- E-175 EP5 E1/E2-HST-112-FB-C-01
- E-175 EP5 E1/E2-HST-132-FB-C-01
- E-175 EP5 E1-HST-140-FB-C-01
- E-175 EP5 E1-HST-162-FB-C-01
- E-175 EP5 E1-HST-175-FB-C-01

wurden mit Berichten [112] bis [117] bestätigt.

Das Turm-Plattform-Leiter-System für die Türme E-175 EP5-HT-162-ES-C-01 (E23) und E-175 EP5 E1/E2-HT-162-ES-C-01 (E25) ist gemäß /1/ und /3/ ausreichend zu dimensionieren (z.B. nach DIN EN 50308). Es ist jedoch nicht Bestandteil von Einzel- und Typenprüfungen gemäß /5/.

5.2.6 PSA-Anschlagpunkte

Die Anordnung von Anschlagpunkten in Turm, Maschinenhaus, Nabe und auf dem Dach sind in den Dokumenten [58] und [59] dargestellt.

Die Anschlagpunkte und deren Unterkonstruktion im Maschinenhaus, in der Nabe und auf dem Dach wurden in Berichten [100] und [101] bestätigt.

Die von ENERCON hergestellten Anschlagpunkte und deren Unterkonstruktion in den Türmen wurden in [75] bis [77] bestätigt.

Des Weiteren wurden für alle anderen verwendeten Anschlagpunkte gültige Zertifikate [71] bis [74] vorgelegt.

5.2.7 Beleuchtung

Das Beleuchtungskonzept ist in Dokument [60] beschrieben. In Dokument [61] wurden Messungen der Beleuchtung vor Ort beschrieben und beurteilt. Die Dokumente wurden auf Plausibilität evaluiert. Im Rahmen der Typeninspektion [118] wurde die Eignung des Beleuchtungskonzepts und der Notbeleuchtung überprüft.

5.2.8 Elektrische Anlagen und Erdungsanlage

Die elektrischen Anlagen und Erdungsanlage wurden mit Bericht [103] bestätigt.

5.2.9 Feuerwiderstand

Die Beschreibung des Brandschutzkonzepts [29] wurde auf Plausibilität geprüft.

5.2.10 Not-Halt Schalter

Die Ausführung und Anordnung der Not-Halt-Schalter wurden im Rahmen der Bewertung des Betriebsführungs- und Sicherheitssystems in diesem Bericht bestätigt. Die Anordnung der Not-Halt-Schalter ist in den Dokumenten [17] und [18] beschrieben.

5.2.11 Alternative Fluchtwege

Alternative Fluchtwege aus dem Maschinenhaus sind in Dokumenten [27] und [28] beschrieben und wurden auf Plausibilität geprüft.

5.2.12 Arretierung Rotor und Rotorblätter, Azimutantriebe und Azimutbremsen

Die Arretierungen für den Rotor und die Rotorblätter sowie die Antriebe und Bremsen für das Azimutsystem wurden in Bericht [100] bestätigt.

5.2.13 Anforderungen aus der DIBt-Richtlinie

Die DIBt-Richtlinie /5/ enthält keine separaten Anforderungen hinsichtlich der Personensicherheit, sondern lediglich einen Verweis auf DIN EN 61400-22 /3/. Aus diesem Grund sind mit Erfüllung der Anforderungen nach /3/ auch alle Anforderungen nach /5/ erfüllt.

5.3 Betriebsführungs- und Sicherheitssystem (BUSSY)

Die Beschreibung des Anlagensicherheitskonzeptes kann dem Dokument [32] entnommen werden. Die Betriebsarten und die Voraussetzungen für die Auswahl der Betriebsart sind in [32] und [95] beschrieben.

Für die spezifizierten Sicherheitsfunktionen wurde die geforderte Qualität der jeweiligen Sicherheitsfunktion („Performance level required“) ermittelt und anschließend von ENERCON verifiziert. Als Grundlage für dieses Verfahren wurde vom Hersteller die Norm /13/ gewählt. Die Berechnung des „Performance Levels“ (PL) der einzelnen Schutzfunktionen ist in Dokument [35] dargestellt.

Die Funktionalität und Interaktion der Not-Halt-Taster mit dem Sicherheitssystem wurde von ENERCON in [32] nachgewiesen und von TÜV SÜD bewertet.

Ein Nachweis über die hinreichende Kapazität der Energiespeicher für das Notverfahren der einzelnen Blätter wurde erbracht, siehe [93]. Regelmäßige automatische Tests werden durchgeführt, um eine ausreichende Verfügbarkeit der Energiespeicher zu gewährleisten.

Die Einhaltung der Softwareanforderungen für Implementierung und Test sowie der Freigabe-Zyklus sind in [36] beschrieben.

Die Spezifikation für den Sicherheits- und Funktionstest (engl. *safety and function test*) kann Dokument [37] entnommen werden.

Einige elektrische Komponenten des BUSSY sind aufgrund von Herstellervorgaben für eine Lebensdauer von 20 Jahren ausgelegt. Bei einer Gebrauchsdauer von mehr als 20 Jahren sind zusätzliche Maßnahmen gemäß [17] und [18] zu berücksichtigen.

6 Gutachtliche Stellungnahme

Die Anforderungen aus /1/ und /3/ zur Evaluierung der Personensicherheit werden von den Windenergieanlagen E-175 EP5 E1 und E2 wie im Folgenden dargestellt erfüllt:

	Sicherheitsanweisungen	Klettereinrichtung	Befahranlage	Zugangswege und Durchgänge	Stehplätze, Plattformen, Fußböden und Geländer in der Gondel	Turm-Plattform-Leiter-System	PSA-Anschlagpunkte in der Gondel	PSA-Anschlagpunkte im Turm	Beleuchtung	Elektrische Anlagen und Erdungsanlage	Feuerwiderstand	NOT-HALT-Schalter	Alternative Fluchtwege
HST-112 (E1+E2)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
HST-132 (E1+E2)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
HST-140 (E1)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
HST-162 (E1+E2)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
HT-162 (E1) (E23)	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
HT-162 (E1+E2) (E25)	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
HST-175 (E2)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

(+ = Anforderungen an die Personensicherheit gemäß /1/ und /3/ sowie der Konstruktionsbasis [97] und [98] werden mit den eingereichten Unterlagen erfüllt.
- = nicht zur Prüfung eingereicht, da gemäß /5/ die Begutachtung der Personensicherheit nicht gefordert ist)

Die zur Evaluierung der Handbücher und des Betriebsführungs- und Sicherheitssystems (BUSSY) vorgelegten Dokumente für die Windenergieanlage entsprechen den Anforderungen des in Kapitel 2 angegebenen Zertifizierungsschemas und der Konstruktionsbasis [97] und [98], sofern die nachstehenden Bedingungen erfüllt sind.

Komponenten wurden für die im Anhang aufgeführten Turbinenkonfigurationen evaluiert.

Auflagen

Handbücher:

1. Die Handbücher müssen in der Sprache verfügbar sein, die vom Betreiber- und Wartungspersonal verstanden wird.
2. In Bezug auf Wirbelerregte Querschwingungen sind die Standzeiten für Bauzustände entsprechend den Angaben der Dokumente [4] und [8] zu beschränken.
3. Die finalen Handbücher für Inbetriebnahme und Wartung [13], [19] und [20] für den Anlagentyp E-175 EP5 E1 müssen bis zur Inbetriebnahme der Serienanlagen eingereicht und geprüft werden.
4. Die finalen Handbücher für Inbetriebnahme und Wartung [15], [21] und [22] für den Anlagentyp E-175 EP5 E2 müssen bis zur Inbetriebnahme der Serienanlagen eingereicht und geprüft werden.
5. Die Windenergieanlagen sind in regelmäßigen Abständen durch Sachverständige zu überprüfen. Die Prüfintervalle hierfür betragen höchstens 2 Jahre, dürfen jedoch auf vier Jahre verlängert werden, wenn durch von der Herstellerfirma autorisierte Sachkundige eine laufende (mindestens jährliche) Überwachung und Wartung der Windenergieanlage durchgeführt wird.
6. Für die Installation der wartungsfreien Verbindungen der HST-Türme müssen die Vorgaben aus der Spezifikation [53] berücksichtigt werden. Die Vorgaben aus der Spezifikation [53] müssen bis zur Ausstellung des Typenzertifikats in die Montageanleitung [3] integriert werden.

Betriebsführungs- und Sicherheitssystem (BUSSY):

7. Es ist sicherzustellen, dass regelmäßige automatische Prüfungen der Energiespeicher für das Notverfahren der einzelnen Blätter durchgeführt werden.
8. Es ist sicherzustellen, dass die Blattverstell- und Windnachführungssysteme (inklusive Notstromversorgung) von der Spannungsquelle getrennt werden, falls Arbeiten an diesen Komponenten durchgeführt werden. Entsprechende Maßnahmen, die einen spannungslosen Zustand während der gesamten Dauer der Arbeiten gewährleisten, sind zu treffen.
9. Es muss sichergestellt werden, dass Windgeschwindigkeitsgrenzen beim Aufenthalt in der Anlage beachtet werden. Die Maßnahmen entsprechend den Betriebsanleitungen [17] und [18] sind umzusetzen.

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Windenergiesysteme

Bewertung

H. Bolzmacher

Evaluierung

Dr. P. Prokopczuk

Anhang 1: Evaluierte Windenergieanlagen

Windenergie-anlage	Rotor-durchmesser [m]	Nenn-drehzahl [rpm]	Zugehörige Türme	Turmberichte	Software Version
E-175 EP5 E1	175	3,05 - 10,94	HST-132 HST-112 HST-140 HST-162 HT-162 (E23) HT-162 (E25)	[104] [107] [105] [109] [106] [110]	V1.40 und V1.85
E-175 EP5 E2	175	3,06 - 11,25	HST-112 HST-132 HST-162 HT-162 (E25) HST-175	[107] [108] [109] [110] [111]	V1.65 und V1.85

Tabelle 2: Turbinenvarianten und zugehörige Türme

Anhang 2: Komponenten Personensicherheit

Komponente / Bauteil	Hersteller	Typ	Zertifikate / Datenblätter
Leiter 1	Hailo Wind Systems	60x20	[63]
Leiter 2	SCS	Steigleiter mit Mittelholm	[64]
Leiter 3	SCS	Steigleiter mit Seitenholmen	[65]
Fallschutzsystem der Leiter	Bornack MKL-Technik SHE Solution Bergmann	Railstop RS S06 Twinstop Climbtec CT02	[66] [67] [68]
Service Lift 1	Hailo	Toplift L1+	[69]
Service Lift 2	Goracon	GWB-300-L	[70]
PSA Anschlagpunkte allgemein	RUD Ketten	PSA VRS M16 PSA VRS M20 PSA INOX STAR M16 PSA INOX STAR M20	[71] [72] [73] [74]
PSA Anschlagpunkte in den Türmen	ENERCON	Ankerpunkte an Längs- und Querstößen in HST-Türmen Haltegriffe	[75] [76] und [77]
Beleuchtung / Notbeleuchtung	Wieland electric	PODIS LED Lamp RST 120VDC 5W STD PODIS LED Lamp RST 60VDC 20W LCR	[78] [79]

Tabelle 3 : Komponenten mit Bezug zur Personensicherheit

Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.

Gutachtliche Stellungnahme

Datum: 15.12.2025

Bericht Nr.: **3821605-70-d-5 Rev. 3**

Objekt: **Bewertung der Konstruktion -**
Elektrische Komponenten und Blitzschutz

Windenergieanlage
Enercon E-175 EP5 E1 / E-175 EP5 E2 50 Hz
Rotorblatt Typ E-175 EP5-RB-01

Grundlage der Evaluierung: DIN EN 61400-22:2010
sowie DIBt Richtlinie 2012
IECRE OD-501 Ed. 3.0

Auftraggeber: ENERCON Global GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

Unsere Zeichen:
IS-ESR11-MUC

Dokument:
3821605-70-d-5_Rev.3_Enercon_E-175_EP5_EC.docx

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.

Revision	Datum	Änderungen
0	22.03.2024	Erstfassung
1	04.12.2024	Redaktionelle Änderungen Update für E1 und E2 Version
2	11.08.2025	Zusätzliche Leistungsstufe, Heat-Run Generator, Erdungspläne hinzugefügt
3	15.12.2025	Update Dokumente

Notiz: Referenzangaben älterer Revisionen könnten sich geändert haben und könnten bei der aktuellen Revision nicht mehr zutreffen

Inhaltsverzeichnis

1 Dokumente ... 3
1.1 Evaluierte Dokumente ... 3
1.2 Eingesehene Dokumente ... 15
2 Grundlagen der Evaluierung ... 16
2.1 Angewendete Standards ... 16
2.2 Zusätzliche Standards ... 16
3 Umfang der Evaluierung ... 16
4 Beschreibung ... 17
4.1 Allgemein ... 17
4.2 Schaltpläne ... 18
4.3 Niederspannungs-Installation ... 18
4.4 Energiespeicher WEA ... 18
4.5 Generator ... 18
4.6 Umrichter ... 20
4.7 Transformator ... 22
4.8 Mittelspannungs-Schaltanlagen ... 24
4.9 Elektrische Antriebe ... 25
4.10 Ladegeräte und Akkus ... 25
4.11 Blitzschutz ... 26
4.12 Erdungssystem ... 27
4.13 Kabel und Schleifringe ... 27
5 Ergebnis der Evaluierung ... 29
Outstanding issues ... 29
Bedingungen ... 29
Anhang: Komponenten für Enercon E-175 EP5 E1 und E-175 EP5 E2 ... 30

1 Dokumente

1.1 Evaluierte Dokumente

Folgende Dokumente wurden zur Evaluierung vorgelegt:

Ref.	Titel	Herausgeber	Dokument Nr. Rev.	Datum
1.1.1 Allgemein				
Allgemein				
[1]	Design Base E-175 EP5 E1 / E-175 EP5 E2	Enercon	D02833990 Rev. 0.5	2024-10-07
[2]	Technical description_E-160 EP5 E3 R1 and E-175 EP5 Location designation	Enercon	D02763824_8.0 Rev. 8	2025-05-13
[3]	Technical data sheet_Netztechnische Leistungsmerkmale FACTS 2.0	Enercon	D02731630_3_en Rev. 3	2022-05-27
E1:				
[4]	Insulation coordination evaluation E-175 EP5 E1	Enercon	D02927842_0.0_en Rev. 0	N/A
[5]	Technical data sheet_Grid Performance E-175 EP5 - 6000 kW - FT	Enercon	D02768313_2.0_en Rev. 2	2025-01-10
[6]	Technical data sheet_Grid Performance E-175 EP5 - 6000 kW - FTQ	Enercon	D02768315_2.0_en Rev. 2	2025-01-10
[7]	Technical data sheet_Grid Performance E-175 EP5 - 6000 kW - FTS	Enercon	D02768316_3.0_en Rev. 3	2025-01-10
[8]	Technical data sheet_Netztechnische Leistungsmerkmale E-175 EP5 - 6000 kW - FTQS	Enercon	D02768320_3.0_de Rev. 3	2025-12-12
[9]	Technical specification_FRT-LVRT Verhalten	Enercon	D02872936_0.0_de Rev. 0	N/A
[10]	Electrical Specification – Operating Mode OM-YO-12	Enercon	D03071177_0.1 Rev. 0	2024-10-10
E2:				
[11]	Insulation coordination evaluation E-175 EP5 E2	Enercon	D03059086_0.0_en Rev. 0	2024-08-16
[12]	ENERCON E-175 EP5 E2 / 7000 kW / FT	Enercon	D03046307_1.0-en Rev. 1.0	2025-05-27
[13]	ENERCON E-175 EP5 E2 / 7000 kW / FTQ	Enercon	D03046305_1.0-en Rev. 1.0	2025-05-27
[14]	ENERCON E-175 EP5 E2 / 7000 kW / FTS	Enercon	D03046306_1.0-en Rev. 1.0	2025-05-27
[15]	ENERCON E-175 EP5 E2 / 7000 kW / FTQS	Enercon	D03046304_1.0-en Rev. 1.0	2025-05-27

1.1.2 Schaltpläne

Allgemein

[16]	E-175 EP5 (E1 & E2) Customer circuit diagram	Enercon	D02928452_2.0-en Rev. 2.0	2023-11-07

E1:

[17]	E-160 EP5 E3 R1/E-175 EP5 E2 Nacelle Overview	Enercon	D02932013_4.0_en Rev. 4	2024-12-12
[18]	E-160 EP5 E3 R1/E-175 EP5 E3 Rotor Hub Overview	Enercon	D02932015_4.0_en Rev. 4	2024-10-12
[19]	E-160 EP5 E3 R1 /E-175 EP5 E2 Tower Overview	Enercon	D02932019_4.0_en Rev. 4	2024-12-19
[20]	+E-175 E1 E-175 E1 V1 CC BHS	Enercon	D03178923-0.0 Rev. 0.0	2025-09-18

E2:

[21]	E-175 EP5 E2 Nacelle Overview	Enercon	D03071000 - 1.0 Rev. 1.0	2024-12-19
[22]	E-175 EP5 E2 Rotor Hub Overview	Enercon	D03101618 - 0.0 Rev. 0.0	2024-12-19
[23]	E-175 EP5 E2 Tower Overview	Enercon	D03101619 - 0.0 Rev. 0.0	2024-12-19
[24]	+E-175 E2 V1 CC BHS	Enercon	D03178934 - 0.0 Rev. 0.0	2025-09-18

1.1.3 Niederspannung

Allgemein

[25]	Technical data sheet	Enercon	D02888150_1.0_en Rev. 1	2024-04-22
[26]	Specification auxilary supply transformer	Enercon	D02581583_5.0_en Rev. 5	2025-05-12
[27]	SBA-TrafoTech GmbH	Enercon	D02964712_1.0_de-en Rev. 1	2025-03-20

E1:

[28]	Calculation report LVD Grid E-160 EP5 E3 R1	Enercon	D02792471_0.2_en Rev. 2	N/A
[29]	Short Circuit Calculation Report E-175 EP5 E1 With blade heating	Enercon	D02923009_1.0_en Rev. 1	2023-09-22
[30]	E-175 EP5 E1 Load calculation table	Enercon	D02971423_0.0_en Rev. 0	N/A
[31]	Arc Flash Calculation Report E-175 EP5 E1 With Blade Heating	Enercon	D02926024_1.0_en Rev. 1	2023-09-27

E2:

[32]	Improvement LVD Grid 2 for E-160 EP5 E3 R1 and E-175 EP5	Enercon	D02921955_0.0-en Rev. 0.0	N/A
[33]	Short Circuit Calculation Report E-175 EP5 E2	Enercon	D03026288-1.0-en Rev. 1.0	2025-10-14
[34]	E-175 EP5 E2 Load calculation table	Enercon	D03046743-0.1-en Rev. 0.1	2024-07-10
[35]	Arc Flash Calculation Report E-175 EP5 E2	Enercon	D03026279-1.0-en Rev. 1.0	2025-08-21

1.1.4 Energiespeicher WEA

[36]	Central Battery System	Enercon	D02926718_1.0_de Rev. 1	N/A
[37]	Specification Central battery system for Enercon's E-160 EP5 E3 R1 & E-175 EP5	Enercon	D02788322 Rev. 7	2025-07-25
[38]	Specification Central battery system for Enercon's E-160 EP5 E3 R1 & E-175 EP5	Enercon	D03179779 Rev. 0.2	2025-11-12
[39]	CE and EU declaration	Enercon	D03146112_0.0-en Rev. 0.0	2025-05-21
[40]	CE and EU declaration	Enercon	D03202220-en Rev. 0.0	2025
[41]	Operating instruction	Enercon	D03146113_2.0-en Rev. 2.0	2025-07-11
[42]	Operating instruction	Enercon	D03201444_0.0-en Rev. 0.0	2025-11-11
[43]	Technical Data Sheet	Enercon	D03146114_2.0-en Rev. 2.0	N/A
[44]	Technical Data Sheet	Enercon	D03180427_0.0-en Rev. 2.0	2025-08-28
[45]	Inspection report	Enercon	D03139292_0.0-en Rev. 0.0	2025-05-05
[46]	Inspection report	Enercon	D03180426_0.0-en Rev. 0.0	2025-04-28
[47]	Material safety data sheet	Enercon	D03146013_0.0-en Rev. 0.0	2025-05-14
[48]	Material safety data sheet	Enercon	D03180428_0.0-en Rev. 0.0	2025-08-28
[49]	Assembly Drawing	Enercon	D03178733_0.0-en Rev. 0.0	2025-07-08
[50]	Assembly Drawing	Enercon	D03202632-en Rev. 0.0	2025-11-17

1.1.5 Generator

Allgemein

[51]	Certification E175 EP5 acc to DIN EN IEC 60034	Enercon	D02929873_0.1 Rev. 0.1	N/A
E1:				
[52]	Testspezifikation Generator E-175 EP5-GE-01	Enercon	D02959226_0.0_de Rev. 0	2023-11-08
[53]	Prüfplanbeschreibung E-175 EP5-GE-01	Enercon	D03066435_0.2 Rev.0.2	2025-08-08
[54]	Generator Data-Sheet_E-175 EP5-GE-01	Enercon	D02928043_4_en Rev. 4	2025-11-27
[55]	Simulation E-175 EP5, E-175 EP5 E2 Generator acc. to DIN EN 60034 9.8 and 9.9	Enercon	D02941362_1.0 Rev. 1.0	2023-09-12
[56]	FAT test protocol E175 EP5 E1 65-1 (HP++)	Enercon	N/A	2024-07-10
[57]	Messbericht Generator E-175 EP5 E1 gem. EN 60034-1, -11	Enercon	D03124442-0.2 Rev. 0.2	2025-08-08
[58]	Statement Revision note E-175 EP5-GE-01-04	Enercon	D03211593_0.0_en Rev. 0.0	2025-12-12
E2:				
[59]	Generator E-175 EP5 E2-GE-01	Enercon	D02771953-8.0-en Rev. 8.0	2025-09-12
[60]	Testspezifikation Generator E-175 EP5-GE-02	Enercon	D02958248-0.1-de Rev. 0.1	2024-06-17
[61]	Simulation E-175 EP5, E-175 EP5 E2 Generator	Enercon	D02941362-1.0-en Rev. 1.0	2023-09-12
E-Brake				
[62]	Simulation E-175 EP5 E-175 EP5 E2_ E-brake	Enercon	D02941275_1.0 Rev. 1.0	2023-09-12

1.1.6 Umrichter

[63]	Technical_Specification_Powerboost_Converter	Enercon	D02875925_6.0_en Rev. 6	2025-08-21
[64]	Technisches Datenblatt_Powerboost-Converter	Enercon	D02798739_4.0_de Rev. 4	2025-04-01
[65]	Declaration of conformity_EG	Enercon	D0376121_19.0_de Rev. 19	2024-08-20
[66]	Confirmation letter_Powerboost-Converter - PBC STD	Enercon	2024-03-13_ENERCON Confirmation letter_Powerboost-Converter - PBC STD Rev. -	N/A
[67]	Assembly drawing_power cabinet	Enercon	D02798546_5.0_en Rev. 5	2024-10-15
[68]	Hydraulic diagram_Facelift Powerboost - flow diagramm	Enercon	D02832311_1.0_en Rev. 1	N/A
[69]	Name_Plate_Powerboost_Converter	Enercon	D02880862_0.1_en Rev. 0.1	N/A

[70]	Name_Plate_PB_Converter V1	Enercon	Typenschild 1068361_PBC V1 STD	N/A
[71]	Name_Plate_PB_Converter V2	Enercon	Typenschild 1092295_PBC V2 STD	N/A
[72]	Test specification Power Boost 1	Enercon	D02872479_0.2-en Rev. 0.2	N/A
[73]	Clearance and creepage distance B2B Powerboost 1	Enercon	D02991110_2.0-en Rev. 2.0	2025-07-10
[74]	Touch current measurement test B2B PB1	Enercon	D02991117_2.0-en Rev. 2.0	2025-07-10
[75]	Capacitor discharge test B2B PB1	Enercon	D02991119_2.0-en Rev. 2.0	2025-07-10
[76]	Cooling failure tests B2B PB1	Enercon	D02991152_2.1-en Rev. 2.1	2025-10-30
[77]	Hydrostatic pressure test B2B PB1	Enercon	D02991161_2.0-en Rev. 2.0	2025-07-10
[78]	Enclosure integrity test B2B PB1	Enercon	D02991188_2.0-en Rev. 2.0	2025-07-10
[79]	Thermal measurements for the WRD “Powerboost 1” converter	Enercon	D03004505_2.0-en Rev. 2.0	2025-07-11
[80]	Prüfbericht IP-Code	Enercon	D03008266_12.0-en Rev. 2.0	2025-03-27
[81]	ER Electrical Equipment and Lightning Protection E-160 EP5 E3 R1 TN 8120863590-005-001-00 (Certificate)	Enercon	D02957921_2.0-en Rev. 2.0	2025-07-16
[82]	Herstellererklärung_Manufacturer's declaration	Enercon	D03074136_0.0_de Rev. 0	2024-10-10

1.1.7 Transformer

Allgemein

[83]	Testing procedure FAT EP3 EP5 E-Nacelle Transformer	Enercon	D02291962_3.0_en Rev. 3	N/A

E1:

[84]	Technical Specification for Nacelle MV-Transformer 7,1 MVA 750V KW	Enercon	D02888457_3.0_en Rev. 3	N/A

E2:

[85]	Technical Specification Transformer inside Nacelle 8,3 MVA 750V	Enercon	D0 2962620 _0.0-en Rev. 0.0	2023-11-24

J. Schneider

Allgemein

[86]	Instruction Manual J. Schneider E-Nacelle transformer (Manufacturing instructions)	Enercon	D02985821_0.0_en Rev. 0	N/A
[87]	Test plan for J. Schneider E.Nacelle transformer (Test report)	Enercon	D02985876_0.0 Rev. 0	N/A

[88]	EU Konformitätserklärung (EU conformity statement)	Enercon	D02996205_0.0_de Rev. -	N/A
[89]	Typengleichheitserklärung der Transformatoren	Enercon	D03062535_1.0_de Rev. 1.0	2024-08-29
E1:				
[90]	1076207 JS Trafo JS 7,1 15-0,75 KWGE2 50Hzn5 +4x2,5	Enercon	D02894147_0.2 Rev. 0.2	N/A
[91]	Dimensional drawing J. Schneider E-Nacelle transformer	Enercon	D02985884_0.0_de Rev. 0	N/A
[92]	type plate J.Schneider E-175 E-Nacelle transformer (Technical information)	Enercon	D02985894_0.0_de Rev. 0	N/A
[93]	Test on E-175 J. Schneider transformer (Test report)	Enercon	D02986009_0.0_en Rev. 0	N/A
E2:				
[94]	Technical Data sheet HBNM 8300A	Enercon	D03004067_0.0-en Rev. 0.0	N/A
[95]	Dimensional drawing HBNM 8300A	Enercon	D03089424_0.0-de_en Rev. 0.0	2024-07-05
[96]	Nameplate HBNM 8300A	Enercon	D03089440_0.0-de_en Rev. 0.0	2024-09-18
[97]	DGA_Report_after heatrun	Enercon	D03083082_0.0-de Rev. 0.0	2024-10-25
[98]	DGA_Report_before heatrun	Enercon	D03083158_0.0-de Rev. 0.0	2024-10-24
[99]	Routine test report after LI test	Enercon	D03083214_0.0-de Rev. 0.0	2024-10-23
[100]	Routine test report before LI test	Enercon	D03083254_0.0-de Rev. 0.0	2024-10-18
[101]	Heat run test	Enercon	D03083270_0.0-de Rev. 0.0	2024-10-24
[102]	LI test report	Enercon	D03083277_0.0-de Rev. 0.0	2024-10-23

SGB

E1:				
[103]	D02892734_0.0-en_ Draft 1076047 SGB Trafo SB 7,1 20-0,75 KWGE2 50Hzn5 +4x2,5 (Technical data sheet)	Enercon	D02892734_0.0_en Rev. 0	N/A
[104]	D02964610_0.0-en_en_SGB_Trafo Konformitätserklärung DST 7100 H_20 (Declaration of conformity)	Enercon	D02964610_0.0_de Rev. 0	N/A
[105]	D02964613_0.0-en_ SGB_Trafo Konformitätserklärung DST 7400 H_42 (Declaration of conformity)	Enercon	D02964613_0.0_de Rev. 0	N/A

Siemens

E1:

[106]	1073757 Siemens Trafo SE 7,4 360,75 KWGE 50Hzn5 ±2x2,5(Technical data sheet)	Enercon	D02876966_0.0_en Rev. 0	N/A
[107]	Instruction Manual Siemens E-175 E1 Transformers	Enercon	D03003425_0.0_en Rev. 0	N/A
[108]	Siemens test plan E-175 test transformer	Enercon	D03003433_0.0_en Rev. 0	N/A
[109]	Siemens Manufacturer Certificate EP5 E-175 E1	Enercon	D03003590_0.0_en Rev. 0	N/A
[110]	Interner Testreport	Siemens	D03003398 1814456 Rev. 00	N/A
[111]	Oil leakage test	Siemens	1814465_2200018654 Rev. -	N/A
[112]	Schock and Vibration Test_ Test Report	Enercon	D03003428_0.0_en Rev. 0	N/A
[113]	Test reports	Siemens	D.230072.1.1_1814456 Rev. –	N/A
[114]	Declaration of conformity	Enercon	D03005887_0.0_en Rev. 0	N/A
[115]	Statement: Similarity of type description for the E-175 E1 variants	Enercon	D03058811_1.0-en Rev. 1.0	2024-08-14
[116]	TDU-713A02W6A-TU (technical data sheet)	Enercon	D02887761_1.0-en Rev. 1.0	2023-04-05

E2:

[117]	Technical Data sheet TDU-833A02W6A-TU	Enercon	D03002532_2.0-en Rev. 2.0	2024-05-29
[118]	Technical Data sheet TDU-833A03W6A-TU	Enercon	D03002534_2.0-en Rev. 2.0	2024-05-29
[119]	Technical Data sheet TDU-833A03W6A-TU	Enercon	D03002537_2.0-en Rev. 2.0	2024-05-29
[120]	Statement Vibration Test	Enercon	D03022476_0.0-en Rev. 0.0	2024-05-07
[121]	Statement short circuit test	Enercon	D03022478_0.0-en Rev. 0.0	2024-05-07

1.1.8 Mittelspannungsschaltanlage

Allgemein

[122]	Pressure increase during an arc	Enercon	D02887793_1.0 Rev. 1	N/A
[123]	Technical Specification V7 medium-voltage switchgear	Enercon	D02816086_4.0-en Rev. 4	2024-11-19
[124]	Selecting transformer protection (Technical description)	Enercon	D02108188_26-de Rev. 26	2025-04-10

Siemens

[125]	GIS Declaration of Conformity	Enercon	D02709316_1.0 Rev. 1	2023-12-14
[126]	Siemens - 8DJH 24kV RL ARS V7_technical description	Enercon	D02880769_0.0_de Rev. 0	N/A
[127]	SAP 1074193- circuit diagram 8DJH 24kV RL	Enercon	D02880710_1.0-de Rev. 1	N/A
[128]	Manufacturers Declaration MV switchgears (Manufacturer´s certificate)	Enercon	D02966382-2.0_en Rev. 2	N/A
[129]	Type Test Summery_Enercon RRI 24kV	Enercon	D03014385-0.0-en Rev. -	2023-09-29
[130]	Summary of type tests Enercon 8DJH36 CSA UL	Enercon	D03014377-0.0-en Rev. -	2024-02-16
[131]	Summary of type tests Enercon 8DJH36	Enercon	D03014375-0.0-en Rev. -	2024-02-16
[132]	SLD_8DJH24_blue 24kV RL ARS V7(SF6 free)	Enercon	D03024649-1.0-en Rev. 0.1	2025-02-28
[133]	Spec_8DJH24_blue 24kV RL ARS V7(SF6 free)	Enercon	D03024657-0.0-en Rev. -	2024-04-23
[134]	Summary of type tests Enercon 8DJH24	Enercon	D03184032-0.0-en Rev. -	2025-09-11

Ormazabal

[135]	CGM.3 declaration of conformity-ormazabal	Enercon	D03124917_1.0-en Rev. 1.0	2025-03-12
[136]	datasheet CGM.3 IEC L-L-V 36kV 20kA V7 ARS	Enercon	D02973946_0.0-en Rev. 0.0	2023-12-17
[137]	SLD Schaltanl. CGM.3 36kV LLV ARS V7	Enercon	D03044753_1.0-en Rev. 1.0	2025-05-19
[138]	Mounting and operation instruction Ormazabal CGM.3 IEC	Enercon	D02792479_0.0-de Rev. 0.0	2022-01-14
[139]	CGM.3_LLV_ARS_V7_A72100_drawing	Enercon	D03124803_0.0-en Rev. 0.0.	2024-12-11

1.1.9 Azimut Motor

[140]	Technical specification_NG-Yaw Motor	Enercon	D02581962_2.1_en Rev. 2.1	2025-03-19
[141]	Technical Drawing Bonfiglioli NG-Yaw motor	Enercon	D02583714_1.0_en Rev. 1	2022-05-13
[142]	Declaration of conformity_EU	Enercon	D02553299_1.0_en Rev. 1	N/A
[143]	Test report certification NG-Yaw motor Bonfiglioli	Enercon	D02630739_1.0_en Rev. 1	N/A
[144]	Certification data sheet Bonfiglioli NG Yaw motor	Enercon	D22628771_0.0_en Rev. 0	2022-01-10

1.1.10 Azimut Umrichter

[145]	NG Yaw Converter System Specification	Enercon	D02971658_1.0_en Rev. 1	N/A
[146]	SINAMCS S120 - EU Declaration of Conformity	Enercon	D02979223_0.0 Rev. 0	N/A
[147]	6SL3100-0BE28-0AB0_datasheet_de	Enercon	D02323372_0.0-en Rev. 0	N/A
[148]	6SL3130-7TE28-0AA3_datasheet_de	Enercon	D02350494_0.0-de Rev. 0	N/A
[149]	6SL3120-2TE21-8AD0	Enercon	D02298465_0.0-de Rev. 0	N/A
[150]	6SL3400-1AE31-0AA1_datasheet_de	Enercon	D02298262_0.0-de Rev. 0	N/A

1.1.11 Pitch Motor System

[151]	Specification NG-Pitch Motor EP5 R1 - EP5+	Enercon	D02735048_2.0_en Rev. 2	2024-02-07
[152]	Part drawing_Bonfiglioli	Enercon	D02758556_1.1_en Rev. 1.1	2024-06-06
[153]	Technical data sheet_Bonfiglioli	Enercon	D02869488_1.0_en Rev. 1.0	2024-02-09
[154]	Declaration of Conformity NG-Pitch Motor EP5	Enercon	D02871452_0.0_en Rev. 0	N/A

1.1.12 Pitch Umrichter System

[155]	Pitch Converter NG	Enercon	D02372095_0.0 Rev. 0	N/A
[156]	Operating manual_KEBA - PitchOne Betriebsanleitung	Enercon	D0918644_7.0-de Rev. 7.0	N/A
[157]	Technical Data Sheet PitchOne CAM2	Enercon	D02870132_1.0-en Rev. 1	N/A
[158]	Technical Data Sheet PitchOne DRM	Enercon	D02899036_1.0_de Rev. 1	N/A
[159]	Organisational presentation_KEBA-NG Pitch	Enercon	D02885972_0.0_de Rev. 0	N/A
[160]	KEBA PitchOne Ausführungsbeschreibung	Enercon	D0918650_10.1.-de Rev. 10	2024-11

1.1.13 Pitch Energiespeicher System

[161]	Specification Pitch Energy Storage	Enercon	D0915962_3.0-de Rev. 3	N/A
[162]	Sech Cabinet Concept	Enercon	D1019298_2.0-de Rev. 2.0	N/A
[163]	Sech Cabinet datasheet 522V 6.2F	Enercon	D02477608_0.0 Rev. 0	N/A
[164]	Sech Certificate of conformity	Enercon	240425 C35S-3R0-360 Rev. -	2024-04-25

[165]	Dimensioning Proof E-175 EP5+	Enercon	D02875954_0.2-de Rev. 1.01	2023-08-08

1.1.14 Blitzschutz

Allgemein

[166]	Lightning Protection Wind Energy Converter	Enercon	D0260891_20_en Rev. 20	2024-07-17
[167]	Blitzschutz Windenergieanlagen	Enercon	D0260891_20_de Rev. 20	2024-07-17
[168]	Evaluation Report ENERCON E-160 EP5 E3 and E-160 EP5 E3 R1- Electrical Equipment and Lightning Protection - ER-8120863590-005-001-02	Enercon	D02957921_2.0_en Rev. 2.0	2025-07-16

Rotor Blades

[169]	Technische Beschreibung_Blitzschutzsystem Rotorblatt E-175 EP5-RB-01	Enercon	D02925610_1.0 Rev. 1	N/A
[170]	Test report_Rotorblatt Tiprezeptor E82-2	Enercon	D0348030-0 Rev. 0	N/A
[171]	High-current Test Report Enercon	Enercon	D02942968_0.0_en Rev. 0	N/A
[172]	High-current Test Report Enercon	Enercon	D02942969_0.0_en Rev. 0	N/A
[173]	High-current Test Report Enercon	Enercon	D02943430_0.0_en Rev. 0	N/A
[174]	High-current Test Report Enercon	Enercon	D02942970_0.0_en Rev. 0	N/A
[175]	High-current Test Report Enercon	Enercon	D02942971_0.0_en Rev. 0	N/A
[176]	High-current Test Report Enercon	Enercon	D02942976_0.0_en Rev. 0	N/A
[177]	High-current Test Report Enercon	Enercon	D02942979_1.0_en Rev. 1	N/A
[178]	Prüfanweisung_Spezifikation Hochspannungstest Rotorblatt E175 EP5	Enercon	D02959237_0.1_de Rev. 0.1	N/A
[179]	Spezifikation Hochstromtest ENERCON Blitzschutzsystem Zertifizierung TÜV Süd	Enercon	D0338792_2_de Rev. 2	N/A
[180]	Technischer Bericht_Mesh High-current – Arc Entry Test	Enercon	D02927969_0.0_en Rev. 0	N/A
[181]	Technische Spezifikation_ALU mesh overlap - Test Specification	Enercon	D02928023_0.0_en Rev. 0	N/A
[182]	Prüfbericht_Tip and Receptor high current	Enercon	D02928149_0.0_en Rev. 0	N/A
[183]	Technische Spezifikation_high current – conducted current test AL-Mesh Specification	Enercon	D02928153_0.0_en Rev. 0	N/A
[184]	Technischer Bericht_high current – conducted current test AL-Mesh	Enercon	D02928155_0.0_en Rev. 0	N/A

[185]	Technischer Bericht_40000049-06 V1_0 Lightning Risk Exposure Assessment	Enercon	D02928872_0.0_en Rev. 0	N/A
[186]	Technical specification_Nachweis zur Zertifizierung Blattspitze E-175 EP5-RB-01	Enercon	D02930501_0.1_de Rev. 0.1	N/A
[187]	Test report_HV Test at Polytech	Enercon	D03035701_0.0_en Rev. 0	2024-04-30
[188]	Technical specification_test - HV_ILAT_SSAT	Enercon	D03043623_0.0_en Rev. 0	2024-04-17

1.1.15 Erdungssystem

[189]	Earthing Overview	Enercon	D02910286_2.0_en Rev. 2	2025-07-23
[190]	Equipotential Bonding Hub	Enercon	D02910370_3.0_en Rev. 3	2025-07-11
[191]	Equipotential Bonding Nacelle	Enercon	D02910376_5.0_en Rev. 5	2025-07-21
[192]	Equipotential Bonding Generator	Enercon	D03156708_0.0_en Rev. 0	2025-06-26
[193]	Guideline_Erdung	Enercon	D02109541_3.0_en Rev. 3	N/A
[194]	Leitfaden Erdung	Enercon	D02109541_3.0-de Rev. 3	N/A
[195]	DE_E23_003_XX_X_Erdungsplan E-175 EP5-HT-162-ES-C-01-Turm	Enercon	D02784475_0.0-de-en Rev. 0	N/A
[196]	E-175 EP5-HT-162-ES-C01 overview pipe penetration (Reinforcement plan)	Enercon	D02784477_2.0-de_en Rev. 2	2024-07-03
[197]	HST-140_Duct and Lightning (Assembly drawing)_FF	Enercon	D02785888_1.0-de-en Rev. 1	N/A
[198]	ST-112_Duct and Lightning (Assembly drawing)_FF	Enercon	D02878739_0.0-de-en Rev. 0	N/A
[199]	HST-132_Duct and lightning plan (Assembly drawing)_FF	Enercon	D02888989_0.2-de-en Rev. 0	N/A
[200]	ST-112_Duct and Lightning (Assembly drawing)_DF	Enercon	D02899066_0.0-de-en Rev. 0	N/A
[201]	HST-132_Duct and lightning plan (Assembly drawing)_DF	Enercon	D02910744_0.0-de-en Rev. 0	N/A
[202]	HT-162-ES-C-01_Duct and lightning plan	Enercon	D02784493_0.0-de_en Rev. 0	2023-07-24
[203]	HT-162-ES-C-01_overview pipe penetration	Enercon	D02784494_0.0-de_en Rev. 0	N/A
[204]	Assembly drawing_E-175 EP5 E2-HST-175-FB-C-01 Duct and lightning plan Ff	Enercon	D03103124_0.0_de-en Rev. 0	2025-05-15
[205]	Assembly drawing_E-175 EP5 E2-HST-175-FB-C-01 Duct and lightning plan Df	Enercon	D03125819_0.0_de-en Rev. 0	2025-05-21
[206]	Assembly drawing_E-175 EP5 E1-HT-162-ES-C-01 duct and lightning plan Ff	Enercon	D02784476_0.0_de-en Rev. 0	2023-07-27

[207]	Assembly drawing_E-175 EP5 E1E2-HST-112-FB-C-01 _duct and lightning plan_DF	Enercon	D03045462_0.0_de-en Rev. 0	2024-09-25
[208]	Assembly drawing_E-175 EP5 E1E2-HST-112-FB-C-01 _duct and lightning plan_FF	Enercon	D03031256_0.0_de-en Rev. 0	2024-06-28
[209]	Assembly drawing_E-175 EP5-E2-HST-132-FB-C-01_duct and lightning plan_DF	Enercon	D03045904_0.0_de-en Rev. 0	2024-07-19
[210]	Assembly drawing_E-175 EP5-E2-HST-132-FB-C-01_duct and lightning plan_FF	Enercon	D03044645_0.0_de-en Rev. 0	2024-07-08
[211]	Assembly drawing_E-175 EP5 E1&E2-HST-162-FB-C-01_duct and lightning plan_FF	Enercon	D03104793_1.0_de-en Rev. 1	2025-05-28
[212]	Assembly drawing_E-175 EP5 E1&E2-HST-162-FB-C-01_duct and lightning plan_DF	Enercon	D03122249_0.0_de-en Rev. 0	2025-06-04

1.1.16 Kabel

Nacelle

Allgemein

[213]	Specification Aluminium cables for ENERCON E-Nacelles	Enercon	D02786272_3.0_en Rev. 3	2025-05-02
[214]	Layout drawing_cable set	Enercon	D02797501_0.0 Rev. 0	N/A
[215]	Technical data sheet_Ecki2022-01_Doppelloch_625mm_Al-vz_M12	Enercon	D02744298_0.0_de Rev. 0	N/A
[216]	Towerflex AS GL A3GSHOEU R 3KV en AL 630mm	Enercon	D02748707_0.0_en Rev. 0	N/A
[217]	Towerflex S GL S 3GSGHOEU K 3kV CU 500mm	Enercon	D02748718_0.0_en Rev. 0	N/A
[218]	Windflex GL S-3GSHOEU 1,8/3 kV	Enercon	D02274097 0.0-en Rev. 0	N/A

E1:

[219]	Technical information design power cable nacelle E-175 EP5 (HP++ Generator)	Enercon	D02885171_0.2_en Rev. 0.2	N/A

E2:

[220]	Technical information design power cable nacelle E-175 EP5 E2	Enercon	D03046949_1.0-en Rev. 1.0	2024-07-15

Tower

Allgemein

[221]	Technical specification_Specification electrical equipment HST&ST&HT - tower E-160 EP5 E3 R1 & E-175 EP5	Enercon	D02762345_2.0_en Rev. 2	N/A
[222]	Technical data sheet_WINDFLEX-S_-N-TSCGEHX_-3_35_GB	Enercon	D0793217_0_de Rev. 0	N/A
[223]	WINDLINK MV-RS (N)TSCGEHXOE	Enercon	D03000994_0.0-en Rev. 0	N/A

E2:

[224]	WINDFLEX XS 35KV (N)TSCGEHXÖU 35KV	Enercon	D02969891_1.0-en Rev. 1.0	2024-05-27
[225]	WINDFLEX XS 20KV (N)TSCGEHXÖU 20KV	Enercon	D02969901_1.0-en Rev. 1.0	2024-05-27
[226]	WINDLINK MV-RS (N)TSCGEHXOE	Enercon	D03000993_0.0-en Rev. 0	N/A

1.1.17 Schleifring

[227]	Technical Specification_Slip ring unit EP5-002-BH1-ENC0-FORJ1.	Enercon	D02946059_0.0-en Rev. 0	N/A
[228]	Technical Specification_Slip ring unit EP5-002-BH0-ENC0-FORJ1	Enercon	D02952745_0.0-en Rev. 0	N/A
[229]	Datasheet_Slipring unit V1.0 Enercon E-175 EP5 with blade heating	Enercon	D02951804_0.0_en Rev. 0	N/A
[230]	Datasheet_Slipring unit V1.0 Enercon E-175 EP5 without blade heating	Enercon	D02952051_0.0_en Rev. 0	N/A

1.2 Eingesehene Dokumente

-

2 Grundlagen der Evaluierung

2.1 Angewendete Standards

Die Evaluierung der Dokumente erfolgte gemäß folgender Normen und Richtlinien:

Ref.	Nummer	Titel
/1/	DIN EN 61400-1:2019	Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen
/2/	DIN EN 61400-22:2011	Windenergieanlagen - Teil 22: Konformitätsprüfung und Zertifizierung
/3/	DIBt 2012	Richtlinie für Windenergieanlagen, korrigierte Version 2015
/4/	DIN EN IEC 61400-24:2019	Windenergieanlagen – Teil 24: Blitzschutz
/5/	IECRE OD-501:2022	Type and Component Certification Scheme
/6/	IECRE OD-501-7:2019	Conformity assessment and certification of Main Electrical Components by RECB

2.2 Zusätzliche Standards

Zur Evaluierung wurden keine weiteren Normen und Richtlinien herangezogen.

3 Umfang der Evaluierung

Die Ausführung der elektrischen Komponenten und Blitzschutz der Windenergieanlagen vom Typ Enercon E-175 EP5 E1 und E-175 EP5 E2 wurde anhand der vorgelegten Unterlagen durch die TÜV SÜD Industrie Service GmbH überprüft.

Die Anforderungen an die elektrischen Komponenten sind in /1/, Kapitel 10 „Elektrische Anlage" definiert. Die Bewertung erfolgt anhand der Vorgaben von /2/, Kapitel 8.3.7. „Elektrische Komponenten" in Bezug auf die in /6/ genannten Anforderungen.

Des Weiteren wird /4/ für die Eignung des äußeren und inneren Blitzschutzsystems der Windenergieanlage herangezogen.

Nicht Gegenstand der Bewertung sind:

- Getriebe als Teil elektrischer Antriebe
- Umfang der Inspektion
- Reihenfolge der Inspektion

Die genannten Richtlinien und Normen verweisen auf weitere Richtlinien und Normen. Die sich daraus ergebenden zusätzlichen Anforderungen, die anwendbar sind, sind Teil dieser Bewertung.

Gibt es abweichende Anforderungen der Norm für Windenergieanlagen /1/ und /2/ im Widerspruch zu anderen in Abschnitt 2 genannten Normen so werden nur die Anforderungen aus /1/ und /2/ berücksichtigt.

4 Beschreibung

4.1 Allgemein

Die elektrischen Parameter der Windkraftanlage Enercon E-175 EP5 E1 und E-175 EP5 E2 für die gemeinsamen Eigenschaften sind in den Dokumenten [1] - [3], für die E1-Version in Dokument [4] - [10] bzw. für die E2-Version in [11] - [15] beschrieben. Die technischen Daten lauten wie folgt:

Data	Formelzeichen	E-175 EP5 E1	E-175 EP5 E2
Nennfrequenz	f_n	50 Hz 60 Hz	50 Hz 60 Hz
Nenn Wirkleistung	P_n	6000 / *6300* kW	7000 kW
Nenn Blindleistung	Q_n	3780 / *3250* kvar	3010 kvar
Scheinleistung	S_{max}	7100 kVA	7650 kVA
Nennspannung	U_n	750 V	750 V
Nennstrom	I_n	4619 / *4850* A	5389 A
Maximalstrom	I_{max}	6000 A	7200 A
Maximaler symmetrischer Anfangskurzschlussstrom	$I_k''_{,max}$	6300 A	7560 A
Maximaler periodischer Anfangskurzschlussstrom	$I_{p,max}$, $\sqrt{2} \times I_k''_{,max}$	8910 A	10691 A
Maximaler symmetrischer Kurzschlussstrom	$I_{b,max}$	6300 A	7560 A
Maximaler Dauerkurzschlussstrom	$I_{k,max}$	6300 A	7560 A
Maximale Umgebungstemperatur	°C	20 / *12*	20

Tabelle 1: Anlagendaten

Die Leistungsgradienten sind während des Betriebs variabel und die maximale Anstiegsrate ist entsprechend den Anforderungen standortspezifisch einstellbar. Die FRT-Fähigkeit wird in [9] beschrieben.

Für die Windkraftanlage Enercon E-175 EP5 Version E1 ist zusätzlich eine Leistungsstufe mit 6300 kW (Mode OM-YO-12) möglich [10], diese wird durch Reduzierung der möglichen Blindleistung und einer niedrigeren maximalen Umgebungstemperatur realisiert (in der Tabelle kursiv dargestellt).

4.2 Schaltpläne

Ein allgemeiner Überblick [16], für die Gondel [17], [21] den Rotor/die Nabe [18],[22] und dem Turm [19], [23] wurden eingereicht.

Die spezifischen Schaltpläne für die Variante E1 wurden mit der Unterlage [20] die auch Varianten z.B. mit oder ohne Blattheizung umfassen, eingereicht. Die spezifischen Schaltpläne für die Variante E2 wurden mit der Unterlage [24] eingereicht. Die Schaltpläne spiegeln die Komponenten wider, die für die gewählte Option benötigt werden.

4.3 Niederspannungs-Installation

Für die gemeinsamen Teile der Niederspannungsanlage wurden die Daten des Hilfstransformators [25] - [27] übermittelt.

Für die Version E1 wurden für die Berechnung der Lichtbogenenergie des Niederspannungssystems, sowie die Lastanalyse für den NS-Stromkreis und die Kurzschlussanalyse [28] - [31] eingereicht. Für die Version E2 wurden für die Berechnung der Lichtbogenenergie des Niederspannungssystems, sowie die Lastanalyse für den NS-Stromkreis und die Kurzschlussanalyse [32] - [35] eingereicht.

Die Berechnungen zeigen die Konformität für die geforderten Abschaltzeiten und den Überlastschutz der Anlage.

4.4 Energiespeicher WEA

Die Enercon Windenergieanlagen sind mit einem Energiespeichersystem für z.B. die Anlagensteuerung, das MS-Schutzrelais und weitere Systeme nach einer Prioritätenliste ausgestattet. Dieses System unterstützt die Windenergieanlage während eines FRT- oder eines Netzausfalls. Die Spezifikation des Systems wurde in Dokument [36] - [38] vorgelegt, Zeichnungen, Datenblätter und weitere Dokumente wurden mit [39] - [50] vorgelegt.

4.5 Generator

Der Generator E-175 EP5 (E-175 EP5-GE-01) ist ein Permanentmagnet-Synchrongenerator mit Luftkühlung.

Der Generator ist an einen Vollumrichter gekoppelt und nicht an das Netz angeschlossen. Daher sind Oberschwingungen und andere netzbezogene Anforderungen nicht anwendbar 0.

Für die Version E-175 EP5-GE-01 wurden Testspezifikation [52], [53], Datenblatt [54], Simulationen [55], FAT Test-protokoll [56] und Erwärmungslaufprüfbericht [57] eingereicht.

Der Erwärmungslauf [57] wurde auf der Prototypenanlage durchgeführt, und hat die korrekte thermische Auslegung bestätigt. Durch rechnerischen Nachweis in [57] wurde ebenfalls bestätigt, dass der Erwärmungslauf auch für den OM-YO-12 Mode gilt.

Für die Version E-175 EP5 E2-GE-01 wurden Datenblatt [59], Testspezifikation [60], und Simulationen [61] eingereicht.

Aufgrund der Einschränkungen des Prüfstandes wird ein Erwärmungslauf in Kombination mit einem Umrichter auf der Prototypanlage durchgeführt.

Die projektierten Daten sind:

Data	**E-175 EP5-GE-01**	**E-175 EP5 E2-GE-01**
Nennleistung	P_n 6245 kW	P_n 7266 kW
Scheinleistung	S_n 7729 kVA	S_n 8651 kVA
Nennspannung	U_n 766.6 V	U_n 800 V
Nennstrom	I_n 363.6 A	I_n 1540 A
Erregung	Permanent Magnet	Permanent Magnet
Leerlaufspannung	E_0 723 V	E_0 795 V
Nenndrehzahl	8.75 rpm <-> rückwärtige Drehung nur beim Trudeln	9 rpm <-> rückwärtige Drehung nur beim Trudeln
Nennfrequenz	f_n 12.833 Hz	f_n 16.5 Hz
Leistungsfaktor	cos (ϕ)n 0.808	cos (ϕ)n 0.84
Umgebungstemperatur	-15 °C bis 20 °C für S1	-15 °C bis 20 °C für S1
Arbeitszyklus	S1 / S9	S1 / S9
Gesamtmasse	125000 kg	119000 kg
Phasenanschluss	8 x Y; 8 x Y (30 Grad Phasenverschoben)	2 x Y; 2 x Y (30 Grad Phasenverschoben)
Insolationsklasse	H	F
IP Klasse:	IP54	IP24
IC Klasse	IC0A0 / IC0A6	IC 06
Aufstellungshöhe	≤ 2000 m	≤ 2000 m

Tabelle 2: Generator Varianten

Die Dokumente wurden nach der IEC-Norm 60034-1 bewertet.

Die Ergebnisse der Typprüfung für den Generator E-175 EP5 E2-GE-01 sind ausstehend. Für die Bewertung wurden Berichte an die Zertifizierungsstelle übermittelt.

E-Brake

Der Generator ist mit einer "E-Brake" (elektrischen Bremse) ausgestattet, um zu verhindern, dass sich der Rotor mit sehr niedriger Drehzahl dreht. Die Statorwicklungen werden kurzgeschlossen, um ein sehr hohes Bremsmoment bei niedriger Drehzahl zu erzeugen. Der Simulationsbericht für diese Funktion ist in Dokument [62] verfügbar

4.6 Umrichter

Der Umrichter Typ Powerboost-Converter (PB Converter V1, V2, STD) für die E-175 EP5 ist ein „Vollumrichter“ mit IGBT-Leistungsmodulen, der an den Stator des Generators angeschlossen wird. Der Hauptumrichter besteht aus 4 Powerboost-Converter - PBC STD Modulen [66]. Das Umrichtermodul Powerboost-Converter - PBC STD wurde vom TÜV NORD bewertet [66], [81]. Bei der STD-Version handelt es sich um die Entwicklungsversion des Umrichters, die nach thermischer Prüfung der IGBT-Module auf PB Converter V1 umbenannt wurde [82]. Die V2-Version ist technisch identisch mit der V1-Version, nur die Anschlüsse wurden zur besseren Zugänglichkeit geändert [82].

Spezifikationen und Prüfstandsspezifikation [63], [70], Testberichte [73] - [80], Datenblatt [64] und Zeichnungen [67] - [71] wurden eingereicht.

Die Konformitätserklärung [65] für den Umrichter wird zusammen mit der zugehörigen Prüfdokumentation ausgestellt.

Die FRT-Grenzkurven des Umrichtersystems sind in [9] beschrieben. Die Grenzkurve ist so ausgelegt, dass verschiedene Grid-Codes (Netzanschlussbedingungen) erfüllt werden können.
Der Umrichter stellt Blindleistung mit einem Leistungsfaktor von 1 bis 0 (mit Derating) zur Verfügung.
Das Design ist für 50/60Hz geeignet.

Technische Daten generatorseitig:

Data	PBC STD	PBC V1/ PBC V2
Nennstro	1600 A (x4 für E-175 EP5 =6400 A)	1950 A (x4 für E-175 EP5 =7800 A)
Nennspannung	0 bis 800 VAC	0 bis 800 VAC
Nennfrequenz	>10.5 Hz für Nennwerte	>10.5 Hz für Nennwerte
Power Faktor	0.75 bis 0.9	0.75 bis 0.9
Maximum dV/dt	1.4 kV/µs (Phase - PE)	1.4 kV/µs (Phase - PE)

Tabelle 3: Generator Umrichter Varianten für E-175 EP5 E1 und E2

Technische Daten netzseitig:

Data	PBC STD	PBC V1/ PBC V2
Nennstrom	1500 A (x4 für E-175 EP5 =6000 A)	1800 A (x4 für E-175 EP5 =7200 A)
Nennspannung	750 VAC ±15% (+20% für 60 s)	750 VAC ±15% (+20% für 60 s)
Nennfrequenz	50 Hz ±3 Hz 60 Hz -4,5 Hz / +3 Hz	50 Hz ±3 Hz 60 Hz -4,5 Hz / +3 Hz
Power Faktor	0 to 1 (Derating für <0.85 möglich)	0 to 1 (Derating für <0.85 möglich)
Short circuit current switching capability	Keine (in externem Schaltmittel zu realisieren)	Keine (in externem Schaltmittel zu realisieren)

Tabelle 4: Netzseitige Umrichter Varianten für E-175 EP5 E1 und E2

Chopper

Data	Value
Maximale Kapazität	6600 kJ
Betriebsspannung	0 bis 1400 VDC
Kühlung	Luftgekühlt (zwangsgekühlt mit Versorgungsspannung, Konvektion ohne Versorgungsspannung)

Tabelle 5: Chopperdaten

Weitere Auslegungsparameter

Data	Wert
Guideline	2014/35/EU
Standard	EN 62477-1:2012
IP Klasse	IP20 (nach abgeschlossener Installation)
Equipment	class I
Überspannungskategorie	III
Auslegungsdauer	25 Jahre

Data	Wert
Verschmutzungsgrad	3
Installationshöhe	≤3000 m (Sonstige mit Derating möglich)
Umgebungstemperatur	-30°C bis 45°C (während des Betriebs, andere mit Derating oder Vorheizen)
Lagertemperatur	-40°C bis 70°C
Kühlmittel	45-50% Ethylen-Glycol / 50-55% Wasser
Volumenstrom Flüssigkeit	90 l/min
Volumenstrom Luft	1900 m³/h

Table 6: weitere Auslegungsparameter

4.7 Transformator

Die für die E-175 EP5 Windkraftanlage spezifizierten Transformatoren sind flüssigkeitsgekühlt. Die Transformatoren werden in der Gondel montiert. Die Prüfanforderungen [83] und Spezifikation [84], [85] wurden eingereicht.

Sie decken die folgenden technischen Parameter für die Version E1 ab.

Data	Wert
Typ:	Ester-Leistungstransformator Hermetikausführung mit OLTC
Nennleistung [kVA]:	7100
Nennspannung (HV) [kV]:	10 – 40.5
Nennspannung (LV) [kV]:	0.75
Frequenz [Hz]:	50 / 60
Vektor Gruppe:	Dyn 5
Kühlung:	KFWF
Nennstrom LV [A]:	5042

Kurzschluss-Impedanz:	9% ±10%
Max. Aufstellungshöhe:	1000 m
OLTC	Leerlaufstufenschalter sind als Standardausführung mit 5 Stufen auf der HV-Seite erhältlich (+4x 2.5% / ± 2x2.5%)

Table 7: Transformator elektrische Daten für E1

Sie decken die folgenden technischen Parameter für die Version E2 ab:

Data	**Value**
Typ:	Ester-Leistungstransformator Hermetikausführung mit OLTC
Nennleistung [kVA]:	8300
Nennspannung (HV) [kV]:	10 – 40.5
Nennspannung (LV) [kV]:	0.75
Frequenz [Hz]:	50 / 60
Vektor Gruppe:	Dyn 5
Kühlung:	KFWF
Nennstrom LV [A]:	6389
Kurzschluss-Impedanz:	10% ±10%
Max. Aufstellungshöhe:	1000 m
OLTC	Leerlaufstufenschalter sind als Standardausführung mit 5 Stufen auf der HV-Seite erhältlich (+4x 2.5% / ± 2x2.5%)

Table 8: Transformator elektrische Daten für E2

J. Schneider

Für den von J. Schneider hergestellten Transformator für die Version E1 sind die Unterlagen [86] - [93] übermittelt worden.

Die Typprüfungen nach IEC 60076-1 wurden mit dem ersten hergestellten Transformator durchgeführt. Die Ergebnisse für den Temperaturanstiegstest, den Kurzschlusstest, den

Teilentladungstest und den Vibrationstest wurden vorgestellt. Der Transformator hat die Typprüfung nach IEC 60076 erfolgreich bestanden.

Für die E2-Version wurde ein Datenblatt [94] , Zeichnungen [95], Typenschild [96] und Testberichte [97] - [102] eingereicht. Die Dimensionierung des Transformators für die E2 Variante entspricht den Dimensionen der E1 Variante. Die Typprüfung Vibration und Kurzschlusstest sind übertragbar.

SGB

Für den von SGB hergestellten Transformator, für die E1 Version, sind die Unterlagen [103] - [105] übermittelt worden.

Die Bewertung ist vorläufig. Die Typprüfungen nach IEC 60076-1 müssen mit dem ersten gefertigten Transformator durchgeführt werden. Die Ergebnisse für den Temperaturanstiegstest, den Kurzschlusstest und den Vibrationstest müssen vorgelegt werden. Die Konformitätserklärung liegt vor.

Siemens

Für den von Siemens hergestellten Transformator, für die E1 Version, sind die Unterlagen [106] - [116] übermittelt worden.

Die Typprüfungen nach IEC 60076-1 wurden mit dem ersten hergestellten Transformator durchgeführt. Die Ergebnisse für den Temperaturanstiegstest, den Kurzschlusstest, den Teilentladungstest und den Vibrationstest wurden vorgestellt. Der Transformator hat die Typprüfung nach IEC 60076 erfolgreich bestanden.

Für die E2-Version der Windenergieanlage wurden Datenblätter [117] - [119] eingereicht. Die Typprüfungen für die Schwingungsprüfung [120] und die Kurzschlussprüfung [121] können auf der Grundlage der Erklärung des Herstellers [115] von den Transformatoren der Version E1 auf den Transformator der Version E2 übertragen werden.

4.8 Mittelspannungs-Schaltanlagen

Die Auswahl der Mittelspannungsschaltanlagen ist projektspezifisch. Daher ist keine Mittelspannungsschaltanlage als Teil der Windkraftanlage ausgewiesen.

Die Technischen Spezifikationenen für Mittelspannungsschaltanlagen wurden eingereicht [123] - **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**.

Das Lastenheft enthält Prüfungen, Dimensionierungsanforderungen und Schutzeinstellungen für die Mittelspannungsschaltanlage.

Bei den eingesetzten Schaltanlagen handelt es sich um typgeprüfte standardisierte Schaltanlagen nach der Normenreihe IEC 62271. Gemäß den Anforderungen von OD 501-7 wurde die Auswirkung einer Druckentlastung während eines Lichtbogens in [122] berechnet und ausgewiesen.

Siemens

Für die 8DJH-Schaltanlage sind die Datenblätter [125] - [134] einschließlich Konformitätserklärung und Baumusterprüfung vorgelegt worden.

Ormazabal

Für die CGM.3-Schaltanlage sind die Datenblätter [135] - [139] einschließlich Konformitätserklärung und Zeichnung vorgelegt worden.

4.9 Elektrische Antriebe

4.9.1 Azimut Motor

Für den Azimut Motor wurde die Spezifikation [140] übermittelt.

Die Bewertung der Motoren erfolgt anhand von Stücklisten, Schaltplänen und Beschreibungen.

Weitere Einzelheiten siehe Anhang.

Bonfiglioli

Die eingereichten Unterlagen [141] - [144] enthalten die Datenblätter und die Konformitätserklärung. Die Antriebe werden nach der Normenreihe IEC 60034 gefertigt.

4.9.2 Azimut Umrichter

Für den Azimut Umrichter wurde die Spezifikation [145] übermittelt.

Siemens

Die eingereichten Unterlagen [146] - [150] enthalten die Datenblätter und die Konformitätserklärung.

Der Umrichter wird nach der Normenreihe IEC 61800 gefertigt.

4.9.3 Pitch Motor

Für den Pitchmotor wurde die Spezifikation [151] übermittelt.

Die Bewertung der Motoren erfolgt anhand von Stücklisten, Schaltplänen und Beschreibungen.

Weitere Einzelheiten siehe Anhang.

Bonfiglioli

Die eingereichten Unterlagen [152] - [154] enthalten die Datenblätter und die Konformitätserklärung. Die Antriebe werden nach der Normenreihe IEC 60034 gefertigt.

4.9.4 Pitch Umrichter

Für den Pitch Umrichter wurde die Spezifikation [155] übermittelt.

Keba LTI

Die eingereichten Unterlagen [156] - [160] enthalten die Datenblätter und die Konformitätserklärung. Der Umrichter wird nach der Normenreihe IEC 61800 gefertigt.

4.10 Ladegeräte und Akkus

Enercon Windkraftanlagen sind mit Ultrakondensatoren (Ultracaps) als Energiespeicher der Pitch-Antriebe ausgestattet. Typ und Verdrahtung sind in den Schaltplänen dargestellt.

Die Spezifikation [161] und Dimensionierungsberechnung [165] wurde übermittelt.

Ladegeräte und Akkus

Für die Sech SA Ultrakondensatoren, das Konzept [162], Datenblatt [163] und Konformitätserklärung [164] wurden eingereicht.

Der Laderegler für die Ultracaps ist im Pitch-Umrichter integriert.

4.11 Blitzschutz

Das System zum Schutz vor den Auswirkungen von Blitzeinschlägen ist in [166] - [167] beschrieben.

Das Blitzschutzsystem (Lightning Protection System - LPS) der Windenergieanlage E-175 EP5 ist für die Blitzschutzklasse (Lightning Protection Level - LPL) 1 ausgelegt.

Die Umsetzung der technischen Beschreibung des internen Blitzschutzkonzeptes ist in den Schaltplänen ersichtlich.

In den Dokumenten [166] - [167] ist die elektrische Durchgängigkeit des Blitzstrompfades und der Erdung im Turm zum Erdungssystem für die verschiedenen Türme, namentlich Stahlrohrturm und Hybridturm, beschrieben.

Der Blitzschutz besteht aus:

- Rotorblättern mit Blitzrezeptor an der Blattspitze und Rezeptoren an der Druck – und Saugseite.
- Die Rotorblätter sind direkt an die Nabe angeschlossen.
- Der Rotor ist über das Rotorlager mit dem Hauptträger verbunden.
- Zwischen Gondel und Turm wird das Azimutlager als Blitzstrompfad genutzt.
- Blitzfangstäbe, Nabe, Maschinenträger und Turm sind im Blitzschutzpotentialausgleich enthalten.
- Fundament mit Erdung.

Eine Beschreibung für das Blitzschutzsystem [166] - [167] und einen Überblick über das Erdungssystem [189] wurden übermittelt. Das Blitzschutzsystem ist für eine Blitzschutzklasse 1 (LPL 1) ausgelegt.
Das LPS-Konzept der Windenergieanlage E-175 EP5 basiert auf dem LPS-Konzept der E-160 EP5 (außer Rotorblatt), das nach der Norm IEC 61400-24:2019 in [168] bewertet wurde.

Die Kabel werden beim Eintritt oder Austritt in eine Blitzschutzzone durch Überspannungsschutzvorrichtungen geschützt.

Die verschiedenen Blitzschutzzonen sind in [166] - [167] beschrieben.

Rotorblätter

Das Blitzschutzsystem des Rotorblattes E-175 EP5-RB-01 ist in der übermittelten Technischen Beschreibung [169] dargestellt.
Für das Rotorblatt E-175 EP5-RB-01 wurde die Testspezifikation [178], [179] für den Blitzschutz übermittelt.
Es wurden Hochstromtests an der Blattspitze und den Komponenten des Blitzstrompfades durchgeführt [170] - [177], [180] - [186].

Die Komponenten erfüllen die Anforderungen der IEC 61400-24.

Die Hochspannungsprüfungen [187], [188] wurden gemäß der Spezifikation durchgeführt [178].

TÜV SÜD bestätigt Konformität des Blitzschutzes mit /4/.

4.12 Erdungssystem

Die Standortbedingungen für das Erdungssystem werden von der ENERCON Global GmbH festgelegt [193], [194]. Für jeden Standort wird eine individuelle Erdungsanalyse durchgeführt, mit deren Hilfe festgestellt wird, ob die Anforderungen durch das Erdungssystem erfüllt werden. Wenn die Umgebungsbedingungen zusätzliche Maßnahmen über das normale Erdungssystem erfordern, werden diese entsprechend umgesetzt, siehe [193], [194].

Anforderungen und Messungen für die Sicherheit bezüglich Schritt- und Berührungsspannung sind Bestandteil der Dokumente [193], [194].

Zeichnungen mit der Übersicht des Erdungssystems [189], Potentialausgleich für Nabe Gondel und Generator [190] - [192] und Designpläne des Fundaments inkl. Erdungssystem [195] - [212] wurden übermittelt.

4.13 Kabel und Schleifringe

Kabel

Mittelspannungskabel sind projektspezifische Komponenten, die Auswahl des richtigen Kabeltyps ist abhängig von der Netzspannungsebene.

Es wurde eine Spezifikation für das Mittelspannungskabel [213], [221] für Turm und Gondel E1 Version [219] bzw. Gondel E2 Version [220] vorgelegt. Es wurden Datenblätter für das Gondelkabel [214] - [218] das Turmkabel für E1 [222] und das Turmkabel für E2 [224] - [226] eingereicht. Die Kabel sind ausreichend dimensioniert und entsprechen den Anforderungen.

Schleifringe

Die Schleifringspezifikationen [227] - [228] wurde übermittelt.

Der Schleifring sorgt für die Daten- und Stromübertragung zwischen Gondel und Nabe.

Die Datenübertragung erfolgt über eine faseroptische Drehdurchführung. Die Anzahl der Stromübertragungen (Spannungsebene) variiert je nach den verwendeten Optionen in Kombination mit der Nabe / den Rotorblättern.

Enercon

Die für den Schleifring eingereichten Unterlagen [229], [230] enthalten Datenblätter und elektrische Zeichnungen.

Data	Variante 1	Variante 2
Teilenummer	SAP1077319	SAP1077390
Betriebstemperatur	-40 bis +50 °C	-40 bis +50 °C
Drehzahl	6-10 rpm	6-10 rpm
Max Drehzahl	15 rpm	15 rpm

Data	Variante 1	Variante 2
Auftstellungshöhe	≤ 3000 m	≤ 3000 m
Stromversorgung Blattheizung	750 VAC ± 20% / 260A	-
Stromversorgung Pitch	400 VAC ± 20% / 60A	400 VAC ± 20% / 60A
PE System	1	1
Signal 1	230 VAC / 10A	230 VAC / 10A
Signal 2	24 VDC /16A	24 VDC /16A
Signal PE	1	1
Optischer Kanal	1 (bidirectional)	1 (bidirectional)
Glasfasertyp	Multimode 62,5/125µm	Multimode 62,5/125µm
Wellenlänge	1270...1610 nm	1270...1610 nm

Table 9: Technische Daten Schleifring

5 Ergebnis der Evaluierung

Die elektrischen Komponenten und der Blitzschutz der Windenergieanlagen des Typs Enercon E-175 EP5 E1 und E-175 EP5 E2 entsprechen den in Kapitel 2 aufgeführten Bewertungsgrundlagen.

Outstanding issues

-

Bedingungen

Folgende Bedingungen sind zu beachten:

1. Nicht notifizierte Änderungen am Blitzschutz oder an den elektrischen Bauteilen führen zur Ungültigkeit dieses Berichtes.
2. Die Ergebnisse der Typen Tests für den Generator E-175 EP5 E2-GE-01 sind ausstehend und der Zertifizierungsstelle vorzulegen.
3. Die Bewertung des SGB-Transformators erfolgt vorläufig, bis die Ergebnisse der Typprüfung bei der Zertifizierungsstelle eingereicht wurden.
4. Für den Betrieb der E-175 EP5 E1 mit 6.3MW sind die Einschränkungen hinsichtlich Umgebungstemperatur und Blindleistungsvermögen während der Projektierung zu berücksichtigen.

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Energie Systeme, Sicherheit und Risiko

Bewertung



C. Gatzen

Evaluierung



B. Ebsen

Anhang: Komponenten für Enercon E-175 EP5 E1 und E-175 EP5 E2

1. Pitch System für E-175 EP5 E1 und E-175 EP5 E2

Motor / Actuator Typ:	Permanent Magnet Synchronmotor; JB00029516
Hersteller:	Bonfiglioli
Zeichnung / Datenblatt / Teile Nr./ Spez. Nr.:	D02735048_2.0_en Rev. 2 [151]
Pitch Controller Typ:	KEBA Pitch One
Pitch Controller Bezeichnung / Version No.:	KEBA Pitch One
Pitch controller Hersteller:	KEBA LTI

Weitere Pitch Motor Daten:	
Nennspannung:	220 V
Nennstrom:	17.4 A
Nenndrehmoment:	54 Nm
Nenndrehzahl:	1000 rpm
Schutzklasse:	IP 55
Temperaturklasse:	F
Aufstellungshöhe	<2000m

Weitere Pitch Controller Daten:	
Nennspannung input (AC):	400V AC
Nennfrequenz input (AC):	50 / 60 Hz
Nennspannung backup:	300 V DC
Nennspannung output:	0-380V AC
Nennstrom output:	15 -20A AC

Weitere Pitch Energy Storage Daten:	
Hersteller:	SECH SA
Typ:	M12S-522-0002
Nennspannung:	522 VDC (Modul)
Kapazität	2 F (Modul)
Ausgangsstrom:	1 Sekunde (A) 329; dauernd (A) 25
Betriebstemperatur:	-40°C bis +65°C

2. Generator

2.1 Generator für E-175 EP5 E1

Typ:	Permanent Magnet Synchrongenerator, E-175 EP5-GE-01
Hersteller:	ENERCON
Zeichnung / Datenblatt / Teile Nr./ Spez. Nr.:	D02928043_4_en Rev. 4 [54]
Nennleistung:	6245 kW
Nennfrequenz:	12.833 Hz
Nenndrehzahl:	8.75 rpm
Max. Drehzahl:	10.9 rpm
Nennspannung:	766.6 V
Nennstrom	363.6 A
Isolationsklasse:	H
Schutzklasse:	IP 54

Weitere Generator Daten

Schaltgruppe:	8 x Y; 8 x Y (30 Grad Phasenverschoben)
Leerlaufspannung:	723 V
Leistungsfaktor:	cos (ϕ)n 0.808
Betriebsart	S1 /S9
Betriebstemperatur:	-15 °C to 20 °C for S1
Gesamtgewicht:	125000 kg
Auslegungsdauer:	25 Jahre
Aufstellungshöhe:	≤ 2000 m

2.2 Generator für E-175 EP5 E2

Typ:	Permanent Magnet Synchrongenerator, E-175 EP5 E2-GE-011
Hersteller:	ENERCON
Zeichnung / Datenblatt / Teile Nr./ Spez. Nr.:	D02771953-8.0-en Rev. 8.0 [59]
Nennleistung:	7266 kW
Nennfrequenz:	16.5 Hz
Nenndrehzahl:	9 rpm
Max. Drehzahl:	11,25 rpm
Nennspannung:	800 V
Nennstrom	1540 A
Isolationsklasse:	F
Schutzklasse:	IP 24

Weitere Generator Daten

Schaltgruppe:	2 x Y; 2 x Y (30 Grad Phasenverschoben)

Leerlaufspannung:	795 V
Leistungsfaktor:	cos (ϕ)n 0.84
Betriebsart	S1 /S9
Betriebstemperatur:	-15 °C bis 20 °C für S1
Gesamtgewicht:	119000 kg
Auslegungsdauer:	25 Jahre
Aufstellungshöhe:	≤ 2000 m

3. **Azimutantrieb** für E-175 EP5 E1 und E-175 EP5 E2

Typ:	Permanent Magnet Synchronmotor; JB00025049
Anzahl der Antriebe:	8
Hersteller:	Bonfiglioli
Zeichnung / Datenblatt / Teile Nr./ Spez. Nr.:	D02581962_0.1_en Rev. 0.1 [140]

Weitere Azimut Motor Daten

Leistung:	8.38 kW
Nennspannung:	420 V
Nennstrom:	13.1 A
Nennfrequenz:	100 Hz
Nenndrehzahl:	2000 rpm
Schutzklasse:	IP 55
Temperaturklasse:	F
Aufstellungshöhe:	<2000m
Betriebstemperatur:	-20°C up to +50°C

Weitere Azimut Umrichter Daten:

Hersteller	Siemens
Typ	Simantic
Model:	6SL3100-0BE28-0AB0 6SL 6SL3130-7TE28-0AA3 6SL3120-2TE21-8AD0 6SL3400-1AE31-0AA1
Nennspannung:	380 – 480V

4. Umrichter für E-175 EP5 E1 und E-175 EP5 E2

4.1 Umrichter

Typ:	Vollumrichter für PM Synchrongenerator Powerboost Converter PBC STD
Hersteller:	Enercon
Zeichnung / Datenblatt / Teile Nr./ Spez. Nr.:	D02875925_6.0_en Rev. 6 [63]

Nennspannung (Netzseitig):	750 VAC ±15% (+20% für 60 s)
Nennstrom (Netzseitig):	1500A (x4 for E-175 EP5 = 6000 A)
Schutzklasse:	IP20
Weitere Umrichter Daten	
Datenblatt:	D02798739/4.0-de Rev. 4 [64]
Nennfrequenz LSC:	50 Hz ±3 Hz 60 Hz -4,5 Hz / +3 Hz
Nennleistung:	1,95 MVA
Spannung MSC:	0…800 V
Strom MSC:	1600A (x4 für E-175 EP5 =6400 A)
Frequenz MSC:	>10.5 Hz für Nennwerte
Betriebstemperatur:	-30°C bis +45°C
Lagertemperatur:	-40°C bis 70°C
Leistungsfaktor	0.75 to 0.9
Auslegungsdauer:	25 Jahre
Max Aufstellungshöhe:	3000 m
Kühlsystem:	Flüssigkeit /Luft gekühlt
Kühlflüssigkeit:	45-50% Ethylen-Glykol / 50-55% Wasser
Durchflussmenge Kühlmittel:	90 l/min
Durchflussmenge Luft:	1900 m³/h
Geräteklasse:	class I
Überspannung Kategorie:	III
Verschmutzungsklasse:	3
Standard:	EN 62477-1:2012
Guideline:	2014/35/EU

4.2 Umrichter

Typ:	Vollumrichter für PM Synchrongenerator Powerboost Converter PBC V1/ PBC V2
Hersteller:	Enercon
Zeichnung / Datenblatt / Teile Nr./ Spez. Nr.:	D02875925_6.0_en Rev. 6 [63]
Nennspannung (Netzseitig):	750 VAC ±15% (+20% for 60 s)
Nennstrom (Netzseitig):	1800A (x4 for E-175 EP5 = 7200 A)
Schutzklasse:	IP20
Weitere Umrichter Daten	
Datenblatt:	D02798739_4.0_de Rev. 4 [64]
Nennfrequenz LSC:	50 Hz ±3 Hz 60 Hz -4,5 Hz / +3 Hz
Nennleistung:	2,34 MVA
Spannung MSC:	0…800 V
Strom MSC:	1950 A (x4 for E-175 EP5 =7800 A)

Frequenz MSC:	>10.5 Hz für Nennwerte
Betriebstemperatur:	-30°C bis +45°C
Lagertemperatur:	-40°C bis 70°C
Leistungsfaktor	0.75 bis 0.9
Auslegungsdauer:	25 Jahre
Max Aufstellungshöhe:	3000 m
Kühlsystem:	Flüssigkeit /Luft gekühlt
Kühlflüssigkeit:	45-50% Ethylen-Glykol / 50-55% Wasser
Durchflussmenge Kühlmittel:	90 l/min
Durchflussmenge Luft:	660 m³/h
Geräteklasse:	class I
Überspannung Kategorie:	III
Verschmutzungsklasse:	3
Standard:	EN 62477-1:2012
Guideline:	2014/35/EU

Weitere Chopper Daten

Maximale Kapazität:	6600 kJ
Betriebsspannung:	0 bis 1400 VDC
Kühlung:	Luftgekühlt (zwangsbelüftet, natürliche Konvektion ohne Versorgungsspannung)

5. Transformator

Allgemeine Daten

Typ:	Estergefüllter Transformator Hermetisch geschlossen
Montageort:	In der Gondel

Für E-175 EP5 E1 Version:

5.1 Transformator

Hersteller:	J. Schneider
Zeichnung / Datenblatt / Teile Nr./ Spez. Nr.:	D02888457_3.0_en Rev. 3 [84]
Nennspannung:	0.75 kV / 15 - 34,5 kV
Nennleistung:	7100 kVA
Schutzklasse:	IP00

Weitere Transformator Daten

Nennstrom (LV):	5466 A
Schaltgruppe:	Dyn 5
Kühlung Typ:	KFWF
Kurzschlussspannung:	uk = 9 %
Max. Aufstellungshöhe:	3500 m

Auslegungsdauer:	25 Jahre
Typ	HBNM 7100A-2316T03001
Spannung HV:	15 kV
Stufen HV:	+4 x 2.5%
Nennstrom (HV):	274 - 249 A
Nennfrequenz:	50 Hz
Typ	HBNM 7100A-2324T20001
Spannung HV:	20 kV
Stufen HV:	+4 x 2,5%
Nennstrom (HV):	205 - 187 A
Nennfrequenz:	50 Hz
Typ	HBNM 7100A-2324T21001
Spannung HV:	30 kV
Stufen HV:	+4 x 2,5%
Nennstrom (HV):	137 - 125 A
Nennfrequenz:	50 Hz
Typ	HBNM 7100A-2324T22001
Spannung HV:	33 kV
Stufen HV:	±2 x 2,5%
Nennstrom (HV):	130 - 119 A
Nennfrequenz:	50 Hz
Typ	HBNM 7100A-2324T80001
Spannung HV:	34,5 kV
Stufen HV:	±2 x 2,5%
Nennstrom (HV):	113 - 125A
Nennfrequenz:	60 Hz

5.2 Transformator

Hersteller:	SGB
Zeichnung / Datenblatt / Teile Nr./ Spez. Nr.:	D02888457_3.0_en Rev. 3 [84]
Nennspannung:	0.75 kV / 20 kV
Nennleistung:	7100 kVA
Schutzklasse:	IP54
Weitere Transformer Daten	
Typ	DST 7100 H/20
Stufen HV:	+4 x 2.5%

Nennstrom (HV):	205 A
Nennstrom (LV):	5466 A
Frequenz:	50 Hz
Schaltgruppe:	Dyn 5
Kühlung Typ:	KDWF
Kurzschlussspannung:	uk = 9 %
Max. Aufstellungshöhe:	1000 m
Auslegungsdauer:	25 Jahre

5.3 Transformator

Hersteller:	Siemens
Zeichnung / Datenblatt / Teile Nr./ Spez. Nr.:	D02888457_3.0_en Rev. 3 [84]
Nennspannung:	0.75 kV / 20 - 36 kV
Nennleistung:	7100 - 7400 kVA
Schutzklasse:	IP54 (Tank) IP00 (Durchführung)

Frequenz:	50 Hz
Schaltgruppe:	Dyn 5
Kühlung Typ:	KDWF
Kurzschlussspannung:	uk = 9,00% ± 10,00 %
Max. Aufstellungshöhe:	1000 m
Auslegungsdauer:	25 Jahre

Weitere Transformer Daten

Typ	TDU-743A03W6A-TU
Datenblatt Nr.:	D03058811_1.0-en Rev. 1.0 [115]
Nennspannung:	30 kV
Stufen HV:	± 2x 2.5%
Nennstrom (HV):	142 A
Nennstrom (LV):	5697 A
Nennleistung:	7400 kVA

Typ	TDU-713A02W6A-TU
Datenblatt Nr.:	D02887761_1.0-en Rev. 1.0 [116]
Nennspannung:	20 kV
Stufen HV:	+ 4x 2.5%
Nennstrom (HV):	205 A
Nennstrom (LV):	5465 A
Nennleistung:	7100 kVA

Typ	TDU-753A03W6A-TU
Datenblatt Nr.:	D02876966_0.0_en Rev. 0 [106]
Nennspannung:	36 kV

Stufen HV:	± 2x 2.5%
Nennstrom (HV):	119 A
Nennstrom (LV):	5697 A
Nennleistung:	7400 kVA

Typ	TDU-713A03W6A-TU
Datenblatt Nr.:	D03058811_1.0-en Rev. 1.0 [115]
Nennspannung:	30 kV
Stufen HV:	+ 4x 2.5%
Nennstrom (HV):	137 A
Nennstrom (LV):	5465 A
Nennleistung:	7100 kVA

Übersicht Transformator Typen für E-175 EP5 E1:

Hersteller	Type
J.Schneider	HBNM 7100A-2316T03001 HBNM 7100A-2324T20001 HBNM 7100A-2324T21001 HBNM 7100A-2324T22001 HBNM 7100A-2324T80001
SGB	DST 7100 H/20
Siemens	TDU-743A03W6A-TU TDU-713A02W6A-TU TDU-753A03W6A-TU TDU-713A03W6A-TU

E-175 EP5 E2 Version:

5.4 Transformator

Hersteller:	J. Schneider
Zeichnung / Datenblatt / Teile Nr./ Spez. Nr.:	D02962620_0.0-en Rev. 0.0 [85]
Nennspannung:	0.75 kV / 15 -34.5 kV
Nennleistung:	8300 kVA
Schutzklasse:	IP00 / IP54 (Durchführung HV)

Weitere Transformator Daten	
Nennstrom (LV):	6389 A
Schaltgruppe:	Dyn 5
Kühlung Typ:	KFWF

Kurzschlussspannung:	uk = 10.00% ± 10.00 %
Max. Aufstellungshöhe:	3500 m
Auslegungsdauer:	25 Jahre

Typ	HBNM 8300A-2326T19001
Nennspannung:	15 kV
Stufen HV:	+4 x 2.5%
Nennstrom (HV):	320 A
Frequenz:	50 Hz (47.5-52Hz)

Typ	HBNM 8300A-2326T20001
Nennspannung:	20 kV
Stufen HV:	+4 x 2.5%
Nennstrom (HV):	240 A
Frequenz:	50 Hz (47.5-52Hz)

Typ	HBNM 8300A-2326T21001
Nennspannung:	30 kV
Stufen HV:	+4 x 2.5%
Nennstrom (HV):	160 A
Frequenz:	50 Hz (47.5-52Hz)

Typ	HBNM 8300A-2326T22001
Nennspannung:	33 kV
Stufen HV:	±2 x 2.5%
Nennstrom (HV):	145 A
Frequenz:	50 Hz (47.5-52Hz)

Typ	HBNM 8300A-2326T80001
Nennspannung:	34.5 kV
Stufen HV:	±2 x 2.5%
Nennstrom (HV):	139 A
Frequenz:	60 Hz

5.5 Transformator

Hersteller:	Siemens
Zeichnung / Datenblatt / Teile Nr./ Spez. Nr.:	D02962620_0.0-en Rev. 0.0 [85]
Nennspannung:	0.75 kV / 20 -33 kV
Nennleistung:	8300 kVA
Schutzklasse:	IP00

Weitere Transformator Daten	
Nennstrom (LV):	6389 A

Frequenz:	50 Hz
Schaltgruppe:	Dyn 5
Kühlung Typ:	KDWF
Kurzschlussspannung:	uk = 10,00% ± 10,00 %
Max. Aufstellungshöhe:	1000 m
Auslegungsdauer:	25 Jahre
Typ	TDU-833A02W6A-TU
Nennspannung:	20 kV
Stufen HV:	+ 4x 2.5%
Nennstrom (HV):	240 A
Typ	TDU-833A03W6A-TU
Nennspannung:	30 kV
Stufen HV:	+ 4x 2.5%
Nennstrom (HV):	160 A
Typ	TDU-833A03W6A-TU
Nennspannung:	33 kV
Stufen HV:	± 2x 2.5%
Nennstrom (HV):	145.2 A

Übersicht Transformator Typen für E-175 EP5 E2:

Hersteller	Typ
J.Schneider	HBNM 8300A-2326T19001 HBNM 8300A-2326T20001 HBNM 8300A-2326T21001 HBNM 8300A-2326T22001 HBNM 8300A-2326T80001
Siemens	TDU-833A02W6A-TU TDU-833A03W6A-TU TDU-833A03W6A-TU

6.1 Schaltanlage

Typ:	Metallgekapselte gasisolierte Schaltanlage (SF6 frei)
Hersteller:	Siemens
Zeichnung / Datenblatt / Teile Nr./ Spez. Nr.:	D02816086_4.0-en Rev. 4 [123]

Weitere Schaltanlagen Daten

Typ:	8DJH 24kV
Datenblatt:	D02880769_0.0_de Rev. 0 [126]
Nennstrom:	630 A
Nennspannung:	24 kV
Frequenz:	50 Hz
Störlichtbogenqualifikation (IAC):	IAC A FLR 20 kA/1 s
Umgebungstemperatur (Betrieb):	-25 ~ 40 °C

6.2 Schaltanlage

Typ:	Metallgekapselte gasisolierte Schaltanlage (SF6)
Hersteller:	Ormazabal
Zeichnung / Datenblatt / Teile Nr./ Spez. Nr.:	D02816086_4.0-en Rev. 4 [123]

Weitere Schaltanlagen Daten

Typ:	Cgm.3
Datenblatt:	D02973946_0.0-en Rev. 0.0 [136]
Nennstrom:	630 A
Nennspannung:	36 kV
Frequenz:	50 Hz
Kurzschlussfestigkeit:	20 kA (1s)
Umgebungstemperatur (Betrieb):	-30 ~ 40 °C