

Technisches Datenblatt

General Design Conditions

ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E3 R1 / 5560 kW

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

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

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

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

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

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

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

Dokumentinformation

Dokument-ID	D02693145/3.0-de		
Vermerk	Originaldokument		
Datum	Sprache	DCC	Werk / Abteilung
2023-04-26	de	DA	WRD Wobben Research and Development GmbH / Documentation Department

Mitgeltende Dokumente

Der aufgeführte Dokumenttitel ist der Titel des Sprachoriginals, ggf. ergänzt um eine Übersetzung dieses Titels in Klammern. Die Titel von übergeordneten Normen und Richtlinien werden im Sprachoriginal oder in der englischen Übersetzung angegeben. Die Dokument-ID bezeichnet stets das Sprachoriginal. Enthält die Dokument-ID keinen Revisionsstand, gilt der jeweils neueste Revisionsstand des Dokuments. Diese Liste enthält ggf. Dokumente zu optionalen Komponenten.

Übergeordnete Normen und Richtlinien

Dokument-ID	Dokument
DIBt 2012	Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung, Fassung Oktober 2012, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin
DIN EN ISO 12944	Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme
IEC 61400-1:2019	Wind energy generation systems – Part 1: Design Requirements

Zugehörige Dokumente

Dokument-ID	Dokument
D0178786	Technische Beschreibung Sturmregelung

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
2	Technische Daten der Windenergieanlage	7
3	Auslegung der Windenergieanlage	8
3.1	Zertifizierte/angestrebte Auslegungsbedingungen	8
3.2	Weitere Anforderungen an den Standort	13
3.3	Einhaltung der Auslegungsparameter	13

Abkürzungsverzeichnis

HST Hybrid-Stahlurm

HT Hybridurm

ST Stahlurm

1 Einleitung

In diesem Dokument sind die wichtigsten Parameter für die konstruktive Auslegung gemäß den offiziell zugrunde gelegten Normen aufgeführt. Darüber hinaus werden die wichtigsten Anforderungen an potentielle Standorte hinsichtlich der Standsicherheit der Windenergieanlage dargestellt.

Die hier aufgeführten Parameter und Werte treffen keine Aussagen zum allgemeinen oder standortspezifischen Leistungsverhalten und/oder zu Schallemissionen der Windenergieanlage. Diese Informationen können einer separaten Dokumentation entnommen werden.

2 Technische Daten der Windenergieanlage

Tab. 1: Turmvarianten

Ausführung	Turmvariante
Hybrid-Stahlurm	E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01
Hybridurm	E-160 EP5 E3-HT-160-ES-C-01 E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01
Stahlurm	E-160 EP5 E3-ST-99-FB-C-01/02

Tab. 2: Daten

Parameter	Wert	Einheit
Rotordurchmesser	160	m
Nennwirkleistung	5560	kW
Einschalt-Windgeschwindigkeit	2,5	m/s
Nennwindgeschwindigkeit (simulierter Wert, leistungsoptimierter Betrieb)	13,5	m/s
Beginn der Sturmregelung ¹ (12-s-Mittelwert)	22	m/s
Abschalt-Windgeschwindigkeit ² (10-min-Mittelwert)	28	m/s
minimale Betriebsdrehzahl ³	4,4	U/min
Solldrehzahl ⁴	9,6	U/min
Auslegungslebensdauer für Windklasse IIIA	20	Jahre
Auslegungslebensdauer für Windklasse S ⁵	25	Jahre

¹ Weitere Informationen zur ENERCON Sturmregelung können dem Dokument D0178786 „Technische Beschreibung Sturmregelung“ entnommen werden.

² Bei aktivierter Sturmregelung.

³ Drehzahl, bei der die Einspeisung beginnt.

⁴ Drehzahl, auf die im Vollastbetrieb der Windenergieanlage geregelt wird. Sie liegt etwas über der Nennzahl, bei der zum ersten Mal die Nennleistung erreicht wird. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die Drehzahl bei kurzzeitigen negativen Schwankungen der Windgeschwindigkeit nicht unter den zum Erreichen der Nennleistung notwendigen Drehzahlbereich abfällt. Bei Böen kann die Drehzahl kurzzeitig über die Solldrehzahl ansteigen.

⁵ Die Windklasse S erfüllt die Bedingungen der Windklasse IIIA für die Betriebs- und Extremlasten für eine Auslegungslebensdauer von 20 Jahren und die Bedingungen der Windklasse IIB für die Betriebslasten sowie der Windklasse IIIA für die Extremlasten bei einer Auslegungslebensdauer von 25 Jahren.

3 Auslegung der Windenergieanlage

3.1 Zertifizierte/angestrebte Auslegungsbedingungen

Die Windenergieanlage wurde/wird für die folgenden Auslegungsbedingungen der DIBt 2012 und IEC 61400-1:2019 (4th Edition) zertifiziert. Für den vorgesehenen Standort der Windenergieanlage müssen diese Auslegungsbedingungen berücksichtigt werden.

Tab. 3: Zertifizierte/angestrebte Auslegungsbedingungen turmspezifisch für eine Auslegungsdauer von 20 Jahren

Parameter	E-160 EP5 E3-ST-99-FB-C-01/02	E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01	E-160 EP5 E3-HT-160-ES-C-01	E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01
IEC-Windklasse (4th Edition)	III	III	III	III
Turbulenzkategorie nach IEC (4th Edition)	A	A	A	A
DIBt-Windzone/Geländekategorie	WZ S GK S	WZ S GK S	WZ S GK S	WZ S GK S
50-Jahres-Extremwindgeschwindigkeit in Nabenhöhe (10-min-Mittelwert) nach IEC (4th Edition) in m/s	37,50	37,50	37,50	37,50
entspricht einem Lastäquivalent von circa (3-s-Böe) in m/s	52,50	52,50	52,50	52,50
50-Jahres-Extremwindgeschwindigkeit in Nabenhöhe (10-min-Mittelwert) nach DIBt 2012 in m/s	37,50	37,50	37,50	37,50
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe nach IEC (4th Edition) in m/s	7,50	7,50	7,50	7,50
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe nach DIBt 2012 in m/s	7,50	7,50	7,50	7,50

Parameter	E-160 EP5 E3-ST-99-FB-C-01/02	E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01	E-160 EP5 E3-HT-160-ES-C-01	E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01
c-Werte des extremen Turbulenzmodells	2	2	2	2
Formparameter der Weibull-Funktion k	2	2	2	2
Windgradient	0,2	0,2	0,2	0,2

Tab. 4: Zertifizierte/angestrebte Auslegungsbedingungen turmspezifisch für eine Auslegungslbensdauer von 25 Jahren

Parameter	E-160 EP5 E3-ST-99-FB-C-01/02	E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01	E-160 EP5 E3 R1-HT-160-ES-C-01	E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01
IEC-Windklasse (4th Edition)	S ¹	S ¹	S ¹	S ¹
Turbulenzkategorie nach IEC (4th Edition)	S	S	S	S
DIBt-Windzone/Geländekategorie	WZ S GK S	WZ S GK S	WZ S GK S	WZ S GK S
50-Jahres-Extremwindgeschwindigkeit in Nabenhöhe (10-min-Mittelwert) nach IEC (4th Edition) in m/s	37,50	37,50	37,50	37,50
entspricht einem Lastäquivalent von circa (3-s-Böe) in m/s	52,50	52,50	52,50	52,50
50-Jahres-Extremwindgeschwindigkeit in Nabenhöhe (10-min-Mittelwert) nach DIBt 2012 in m/s	37,50	37,50	37,50	37,50
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe nach IEC (4th Edition) in m/s	8,50	8,50	8,50	8,50
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe nach DIBt 2012 in m/s	8,50	8,50	8,50	8,50
c-Werte des extremen Turbulenzmodells	2	2	2	2
Formparameter der Weibull-Funktion k	2	2	2	2
Windgradient	0,2	0,2	0,2	0,2

¹ Die Windklasse S erfüllt die Bedingungen der Windklasse IIIA für die Betriebs- und Extremlasten für eine Auslegungsliebendauer von 20 Jahren und die Bedingungen der Windklasse IIB für die Betriebslasten sowie der Windklasse IIIA für die Extremlasten bei einer Auslegungsliebendauer von 25 Jahren.

Tab. 5: Zertifizierte/angestrebte Auslegungsbedingungen allgemein

Parameter	Wert		
	Windgeschwindigkeit in Nabhöhe in m/s	Turbulenzintensität in %	
Turbulenzintensität		A	B
	2	56,80	49,70
	4	34,40	30,10
	6	26,93	23,57
	8	23,20	20,30
	10	20,96	18,34
	12	19,47	17,03
	14	18,40	16,10
	16	17,60	15,40
	18	16,98	14,86
	20	16,48	14,42
	22	16,07	14,06
	24	15,73	13,77
	26	15,45	13,52
28	15,20	13,30	
Schräganströmung	8°		
normaler Temperaturbereich	-10 °C bis +40 °C		
extremer Temperaturbereich	-20 °C bis +50 °C		
relative Luftfeuchte	≤ 95 %		
maximale Sonneneinstrahlung	1000 W/m ²		
Standard-Luftdichte	1,225 kg/m ³		

Bei der Berechnung der Lasten (Betriebs- und Extremlasten) wurde ein Sicherheitsfaktor entsprechend der Lastfallgruppe berücksichtigt.

3.2 Weitere Anforderungen an den Standort

Tab. 6: Weitere Anforderungen an den Standort

Parameter	Wert
Abstand zwischen Windenergieanlagen im Windpark ¹	≥ 5 x Rotordurchmesser in Hauptwindrichtung (Turbulenzkategorie A)
	≥ 3 x Rotordurchmesser in weniger stark ausgeprägten Windrichtungen (Turbulenzkategorie A)
maximale Höhe über dem Meeresspiegel ²	800 m
Überlebenstemperatur ³	-40 °C
Standort gemäß Korrosionsschutzklasse	Stahlurm außen: C4 (nach DIN EN ISO 12944)
	alle inneren, vor direkten Witterungseinflüssen geschützten Komponenten: vergleichbar C3 „hoch“ (nach DIN EN ISO 12944)

¹ Diese Angaben sind als allgemeine Richtwerte zu betrachten. Der Einfluss des Wake-Effekts muss in jedem Fall projektspezifisch geprüft werden.

² Höhergelegene Standorte sind in der Regel ebenfalls realisierbar; sie bedürfen jedoch einer projektspezifischen Analyse.

³ Für Situationen mit eingeschränkter Beanspruchung.

3.3 Einhaltung der Auslegungsparameter

Die in diesem Dokument angegebenen Standortbedingungen sind allgemeine Richtwerte. Es ist möglich, die Windenergieanlage auch an Standorten mit abweichenden Bedingungen zu errichten und zu betreiben. Hierfür bedarf es jedoch zusätzlicher projektspezifischer Prüfungen.

Die Windenergieanlage ist mit einer internen Regelungstechnik ausgestattet, die aus verschiedenen Überwachungssensoren und -mechanismen besteht (z. B. Sensoren für Temperatur, Vibrationen, Oszillationen und Lasten). Sollte die Regelungstechnik Abweichungen von akzeptablen Standortbedingungen feststellen, trifft die Hauptsteuerung der Windenergieanlage selbsttätig die entsprechenden Schutzmaßnahmen (z. B. Übergang in einen leistungsreduzierten Betriebsmodus oder Unterbrechung des Betriebs).