

Technisches Datenblatt

Oktavbandpegel Betriebsmodus 0 s

**ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E3 / 5560 kW mit
TES (Trailing Edge Serrations)**

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, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, Jörg Scholle
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411
Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

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

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

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

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

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

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

Dokumentinformation

Dokument-ID	D02250996/3.0-de		
Vermerk	Originaldokument		
Datum	Sprache	DCC	Werk / Abteilung
2022-02-25	de	DA	WRD Wobben Research and Development GmbH / Technische Redaktion

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
ISO 266:1997	Acoustic – Preferred frequencies

Zugehörige Dokumente

Dokument-ID	Dokument
diverse	Datenblatt Betriebsmodi

Inhaltsverzeichnis

1	Verfügbarer Betriebsmodus	6
2	Allgemeines	7
3	Informationen zu Oktavbandpegeln	7
4	Oktavbandpegel des lautesten Zustands	8
4.1	Betriebsmodus 0 s	8

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungen

EIO	Ersatzimmissionsort
HST	Hybrid-Stahlurm
HT	Hybridurm
IO	Immissionsort
NH	Nabenhöhe
ST	Stahlurm

Größen, Einheiten, Formeln

L_o	Oktavbandpegel
L_T	Terzbandpegel
v_H	Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe
v_s	Standardisierte Windgeschwindigkeit

1 Verfügbarer Betriebsmodus

In der nachfolgenden Tabelle ist ersichtlich, welcher Betriebsmodus für welche Turmvarianten bzw. Nabenhöhen verfügbar ist.

Tab. 1: Verfügbarer Betriebsmodus

Be- trieb smo- dus	Turmvariante und Nabenhöhe (NH)		
	E-160 EP5 E3-ST-99-FB- C-01	E-160 EP5 E3-HST-120- FB-C-01	E-160 EP5 E3-HT-166- ES-C-01
	NH 99 m	NH 120 m	NH 166 m
0 s	x	x	x

x = verfügbar

- = nicht verfügbar

2 Allgemeines

Dieses Dokument beinhaltet Zusatzinformationen zum Datenblatt Betriebsmodi. Im Übrigen gelten die im Datenblatt Betriebsmodi aufgeführten Regelungen hinsichtlich der technischen Eigenschaften der Windenergieanlage.

3 Informationen zu Oktavbandpegeln

Für Oktavbandpegel bis zur Oktavbandmittenfrequenz von 2000 Hz gelten die Angaben zur Unsicherheit gemäß Datenblatt Betriebsmodi. Für Frequenzen größer 2000 Hz nehmen aufgrund physikalischer Effekte die Unsicherheiten zu. Diese Frequenzen haben keinen Einfluss auf den Immissionsort (IO) oder auf den Ersatzimmissionsort (EIO) und sind grundsätzlich vernachlässigbar. Bei verschiedenen Messungen an bestehenden ENERCON Windenergieanlagen verschiedener Typen gemäß den anwendbaren Richtlinien ergaben sich Unsicherheiten für die Oktavbandpegel im Frequenzbereich 4000 Hz bei $\pm 2,5$ dB(A) und im Frequenzbereich 8000 Hz bei $\pm 8,0$ dB(A). Angesichts der begrenzten Untersuchungen kann eine Reproduzierbarkeit dieser Messungen für alle ENERCON Windenergieanlagen bei gleichen Unsicherheiten nicht garantiert werden.

Die Zuordnung der Oktavbandpegel zur standardisierten Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe gilt nur unter Voraussetzung eines logarithmischen Windprofils mit Rauigkeitslänge 0,05 m. Die Zuordnung der Oktavbandpegel zur Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (v_H) gilt für alle Nabenhöhen (NH). Die Windgeschwindigkeit wird bei Messungen aus der Leistungsabgabe und der Leistungskennlinie bestimmt. Die nachfolgend angegebenen Oktavbandpegel wurden auf Basis von aeroakustischen Simulationen ermittelt. Die einzelnen Oktavbandpegelwerte können nicht garantiert werden. Der Summenpegel aller Oktavbandpegel pro Windgeschwindigkeit entspricht dem Schalleistungspegel bei dieser Windgeschwindigkeit, welcher im zugrundeliegenden Datenblatt für die jeweiligen Betriebsmodi angegeben ist. Daher ist der Summenpegel im Rahmen des im Datenblatt festgelegten Geltungsbereichs und auf Basis der anwendbaren Normen und Richtlinien einzuhalten.

Die angegebenen Oktavbandpegel des lautesten Zustands wurden aus den simulierten Terzbandpegelwerten gemäß den Frequenzbändern der ISO 266:1997 im Bereich von 25 Hz bis 10000 Hz erzeugt. Ein Oktavbandpegel L_O wird aus 3 Terzbandpegeln L_{T1} , L_{T2} und L_{T3} gemäß folgender Formel berechnet:

$$L_O = 10 \times \log\left(10^{\frac{L_{T1}}{10}} + 10^{\frac{L_{T2}}{10}} + 10^{\frac{L_{T3}}{10}}\right)$$

4 Oktavbandpegel des lautesten Zustands

4.1 Betriebsmodus 0 s

Folgende Oktavbandpegelwerte gelten unter Berücksichtigung der im Datenblatt Betriebsmodi aufgeführten Unsicherheiten.

Tab. 2: Oktavbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
8	75,9	85,1	90,9	95,3	100,1	101,9	101,3	94,7	75,5

Tab. 3: Oktavbandpegel für NH 99 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
6	75,7	85,0	91,0	95,5	99,9	101,7	101,4	96,1	80,6

Tab. 4: Oktavbandpegel für NH 120 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5,5	75,6	84,8	90,6	95,1	99,9	101,9	101,5	95,8	79,0

Tab. 5: Oktavbandpegel für NH 166 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5,5	76,2	85,4	91,4	95,9	100,3	101,9	101,2	94,5	75,2

Technisches Datenblatt

Oktavbandpegel leistungsoptimierter Schallbetriebe

**ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E3 / 5560 kW mit
TES (Trailing Edge Serrations)**

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, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, Jörg Scholle
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411
Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

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

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

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

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

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

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

Dokumentinformation

Dokument-ID	D02444390/3.0-de		
Vermerk	Originaldokument		
Datum	Sprache	DCC	Werk / Abteilung
2022-03-30	de	DA	WRD Wobben Research and Development GmbH / Technische Redaktion

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
ISO 266:1997	Acoustic – Preferred frequencies

Zugehörige Dokumente

Dokument-ID	Dokument
diverse	Datenblatt Leistungsoptimierte Schallbetriebe

Inhaltsverzeichnis

1	Verfügbare Betriebsmodi	6
2	Allgemeines	7
3	Informationen zu Oktavbandpegeln	7
4	Oktavbandpegel des lautesten Zustands	8
4.1	Betriebsmodus NR I s	8
4.2	Betriebsmodus NR II s	9
4.3	Betriebsmodus NR III s	10
4.4	Betriebsmodus NR IV s	11
4.5	Betriebsmodus NR V s	12
4.6	Betriebsmodus NR VI s	13
4.7	Betriebsmodus NR VII s	14
4.8	Betriebsmodus NR VIII s	15
4.9	Betriebsmodus NR IX s	16

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungen

EIO	Ersatzimmissionsort
HST	Hybrid-Stahlurm
HT	Hybridurm
IO	Immissionsort
NH	Nabenhöhe
NR	Noise-reduced (schallreduziert)
ST	Stahlurm

Größen, Einheiten, Formeln

L_o	Oktavbandpegel
L_T	Terzbandpegel
v_H	Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe
v_s	Standardisierte Windgeschwindigkeit

1 Verfügbare Betriebsmodi

In der nachfolgenden Tabelle ist ersichtlich, welche Betriebsmodi für welche Turmvarianten bzw. Nabenhöhen verfügbar sind.

Tab. 1: Verfügbare Betriebsmodi

Be- triebs- modus	Turmvariante und Nabenhöhe (NH)		
	E-160 EP5 E3-ST-99- FB-C-01	E-160 EP5 E3-HST-120- FB-C-01	E-160 EP5 E3-HT-166- ES-C-01
	NH 99 m	NH 120 m	NH 166 m
NR I s	x	x	x
NR II s	x	x	x
NR III s	x	x	x
NR IV s	x	x	x
NR V s	x	x	x
NR VI s	x	x	x
NR VII s	x	x	x
NR VIII s	x	x	x
NR IX s	x	x	x

x = verfügbar

- = nicht verfügbar

2 Allgemeines

Dieses Dokument beinhaltet Zusatzinformationen zum Datenblatt Leistungsoptimierte Schallbetriebe. Im Übrigen gelten die im Datenblatt Leistungsoptimierte Schallbetriebe aufgeführten Regelungen hinsichtlich der technischen Eigenschaften der Windenergieanlage.

3 Informationen zu Oktavbandpegeln

Für Oktavbandpegel bis zur Oktavbandmittenfrequenz von 2000 Hz gelten die Angaben zur Unsicherheit gemäß Datenblatt Leistungsoptimierte Schallbetriebe. Für Frequenzen größer 2000 Hz nehmen aufgrund physikalischer Effekte die Unsicherheiten zu. Diese Frequenzen haben keinen Einfluss auf den Immissionsort (IO) oder auf den Ersatzimmissionsort (EIO) und sind grundsätzlich vernachlässigbar. Bei verschiedenen Messungen an bestehenden ENERCON Windenergieanlagen verschiedener Typen gemäß den anwendbaren Richtlinien ergaben sich Unsicherheiten für die Oktavbandpegel im Frequenzbereich 4000 Hz bei $\pm 2,5$ dB(A) und im Frequenzbereich 8000 Hz bei $\pm 8,0$ dB(A). Angesichts der begrenzten Untersuchungen kann eine Reproduzierbarkeit dieser Messungen für alle ENERCON Windenergieanlagen bei gleichen Unsicherheiten nicht garantiert werden.

Die Zuordnung der Oktavbandpegel zur standardisierten Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe gilt nur unter Voraussetzung eines logarithmischen Windprofils mit Rauigkeitslänge 0,05 m. Die Zuordnung der Oktavbandpegel zur Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (v_H) gilt für alle Nabenhöhen (NH). Die Windgeschwindigkeit wird bei Messungen aus der Leistungsabgabe und der Leistungskennlinie bestimmt. Die nachfolgend angegebenen Oktavbandpegel wurden auf Basis von aeroakustischen Simulationen ermittelt. Die einzelnen Oktavbandpegelwerte können nicht garantiert werden. Der Summenpegel aller Oktavbandpegel pro Windgeschwindigkeit entspricht dem Schallleistungspegel bei dieser Windgeschwindigkeit, welcher im zugrundeliegenden Datenblatt für die jeweiligen Betriebsmodi angegeben ist. Daher ist der Summenpegel im Rahmen des im Datenblatt festgelegten Geltungsbereichs und auf Basis der anwendbaren Normen und Richtlinien einzuhalten.

Die angegebenen Oktavbandpegel des lautesten Zustands wurden aus den simulierten Terzbandpegelwerten gemäß den Frequenzbändern der ISO 266:1997 im Bereich von 25 Hz bis 10000 Hz erzeugt. Ein Oktavbandpegel L_O wird aus 3 Terzbandpegeln L_{T1} , L_{T2} und L_{T3} gemäß folgender Formel berechnet:

$$L_O = 10 \times \log\left(10^{\frac{L_{T1}}{10}} + 10^{\frac{L_{T2}}{10}} + 10^{\frac{L_{T3}}{10}}\right)$$

4 Oktavbandpegel des lautesten Zustands

4.1 Betriebsmodus NR I s

Folgende Oktavbandpegelwerte gelten unter Berücksichtigung der im Datenblatt Leistungsoptimierte Schallbetriebe aufgeführten Unsicherheiten.

Tab. 2: Oktavbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
9	77,4	86,5	92,1	95,8	100,5	101,4	99,0	90,5	70,5

Tab. 3: Oktavbandpegel für NH 99 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
6,5	77,2	86,4	91,9	95,5	100,2	101,3	99,3	92,2	76,0

Tab. 4: Oktavbandpegel für NH 120 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
6	77,1	86,2	91,7	95,5	100,3	101,3	99,2	91,6	74,2

Tab. 5: Oktavbandpegel für NH 166 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
6	77,6	86,7	92,2	95,8	100,5	101,4	99,0	90,5	70,4

4.2 Betriebsmodus NR II s

Folgende Oktavbandpegelwerte gelten unter Berücksichtigung der im Datenblatt Leistungsoptimierte Schallbetriebe aufgeführten Unsicherheiten.

Tab. 6: Oktavbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
8,5	76,4	85,5	91,1	95,1	99,8	100,5	98,1	89,7	69,5

Tab. 7: Oktavbandpegel für NH 99 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
6	76,0	85,2	90,8	94,8	99,5	100,5	98,5	91,3	75,0

Tab. 8: Oktavbandpegel für NH 120 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
6	76,3	85,4	91,0	94,9	99,6	100,5	98,4	90,8	73,3

Tab. 9: Oktavbandpegel für NH 166 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5,5	76,3	85,5	91,1	95,1	99,8	100,6	98,1	89,7	69,5

4.3 Betriebsmodus NR III s

Folgende Oktavbandpegelwerte gelten unter Berücksichtigung der im Datenblatt Leistungsoptimierte Schallbetriebe aufgeführten Unsicherheiten.

Tab. 10: Oktavbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
8	75,5	84,6	90,1	94,3	99,0	99,9	97,5	89,1	68,9

Tab. 11: Oktavbandpegel für NH 99 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5,5	75,0	84,1	89,6	93,9	98,7	99,8	97,9	90,8	74,3

Tab. 12: Oktavbandpegel für NH 120 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5,5	75,2	84,4	89,9	94,1	98,9	99,8	97,7	90,2	72,6

Tab. 13: Oktavbandpegel für NH 166 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5,5	75,7	84,8	90,3	94,4	99,0	99,9	97,5	89,1	68,8

4.4 Betriebsmodus NR IV s

Folgende Oktavbandpegelwerte gelten unter Berücksichtigung der im Datenblatt Leistungsoptimierte Schallbetriebe aufgeführten Unsicherheiten.

Tab. 14: Oktavbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
7,5	74,4	83,5	89,1	93,7	98,2	99,1	96,6	88,3	67,9

Tab. 15: Oktavbandpegel für NH 99 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5,5	74,2	83,3	88,9	93,4	98,0	99,0	97,0	89,9	73,4

Tab. 16: Oktavbandpegel für NH 120 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5,5	74,5	83,6	89,1	93,6	98,0	99,0	96,9	89,3	71,6

Tab. 17: Oktavbandpegel für NH 166 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5	74,5	83,6	89,2	93,7	98,2	99,1	96,6	88,3	67,8

4.5 Betriebsmodus NR V s

Folgende Oktavbandpegelwerte gelten unter Berücksichtigung der im Datenblatt Leistungsoptimierte Schallbetriebe aufgeführten Unsicherheiten.

Tab. 18: Oktavbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
7	73,3	82,4	88,2	93,1	97,5	98,2	95,7	87,4	66,8

Tab. 19: Oktavbandpegel für NH 99 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5	73,0	82,1	87,9	92,8	97,3	98,1	96,1	89,0	72,3

Tab. 20: Oktavbandpegel für NH 120 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5	73,2	82,3	88,1	92,9	97,4	98,2	96,0	88,4	70,5

Tab. 21: Oktavbandpegel für NH 166 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5	73,7	82,8	88,5	93,2	97,5	98,2	95,7	87,3	66,7

4.6 Betriebsmodus NR VI s

Folgende Oktavbandpegelwerte gelten unter Berücksichtigung der im Datenblatt Leistungsoptimierte Schallbetriebe aufgeführten Unsicherheiten.

Tab. 22: Oktavbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
7	72,3	81,4	87,4	92,5	96,7	97,3	94,7	86,4	65,7

Tab. 23: Oktavbandpegel für NH 99 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5	72,1	81,2	87,1	92,2	96,4	97,2	95,2	88,0	71,2

Tab. 24: Oktavbandpegel für NH 120 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5	72,3	81,4	87,3	92,3	96,5	97,2	95,0	87,5	69,5

Tab. 25: Oktavbandpegel für NH 166 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5	72,7	81,8	87,6	92,5	96,6	97,2	94,7	86,4	65,7

4.7 Betriebsmodus NR VII s

Folgende Oktavbandpegelwerte gelten unter Berücksichtigung der im Datenblatt Leistungsoptimierte Schallbetriebe aufgeführten Unsicherheiten.

Tab. 26: Oktavbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
7	71,4	80,6	86,4	91,7	95,7	96,3	93,9	85,5	64,7

Tab. 27: Oktavbandpegel für NH 99 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5	71,1	80,3	86,1	91,4	95,4	96,3	94,2	87,2	70,1

Tab. 28: Oktavbandpegel für NH 120 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5	71,3	80,5	86,3	91,5	95,5	96,3	94,2	86,7	68,4

Tab. 29: Oktavbandpegel für NH 166 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
4,5	71,3	80,5	86,4	91,7	95,7	96,4	93,9	85,6	64,6

4.8 Betriebsmodus NR VIII s

Folgende Oktavbandpegelwerte gelten unter Berücksichtigung der im Datenblatt Leistungsoptimierte Schallbetriebe aufgeführten Unsicherheiten.

Tab. 30: Oktavbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5,5	65,9	74,8	81,4	88,7	91,0	92,4	92,2	88,6	68,6

Tab. 31: Oktavbandpegel für NH 99 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
4	65,8	74,8	81,3	88,5	90,9	92,3	92,2	89,1	70,3

Tab. 32: Oktavbandpegel für NH 120 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
4	66,1	75,1	81,5	88,7	91,0	92,4	92,2	88,6	68,6

Tab. 33: Oktavbandpegel für NH 166 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
3,5	66,1	75,1	81,7	89,0	91,3	92,5	92,0	87,5	64,9

4.9 Betriebsmodus NR IX s

Folgende Oktavbandpegelwerte gelten unter Berücksichtigung der im Datenblatt Leistungsoptimierte Schallbetriebe aufgeführten Unsicherheiten.

Tab. 34: Oktavbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5	61,7	72,0	79,2	86,6	88,7	89,6	87,1	79,4	55,5

Tab. 35: Oktavbandpegel für NH 99 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
3,5	61,3	71,6	78,8	86,3	88,5	89,5	87,6	81,1	60,9

Tab. 36: Oktavbandpegel für NH 120 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
3,5	61,5	71,8	78,9	86,4	88,5	89,6	87,5	80,6	59,3

Tab. 37: Oktavbandpegel für NH 166 m in dB(A), bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe in m/s	Oktavbandmittenfrequenz in Hz								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
3	61,4	71,8	79,2	86,8	88,8	89,5	87,0	79,2	55,2

Gültigkeit

Dieses Dokument gilt für ENERCON Windenergieanlagen der Plattform EP5 (E-147 EP5, E-147 EP5 E2, E-160 EP5, E-160 EP5 E2, E-160 EP5 E3).

Einführung

Für ENERCON Windenergieanlagen der Plattform EP5 stehen verschiedene schallreduzierte Betriebsmodi zur Verfügung. Bei Betrieb in einem schallreduzierten Betriebsmodus wird die Drehzahl der Windenergieanlage reduziert, wodurch die Schallemission der Windenergieanlage abnimmt. Die schallreduzierten Betriebsmodi unterscheiden sich in der Intensität der Schallreduktion und erfüllen jederzeit die am Standort geltenden Anforderungen in Bezug auf zulässige Schallemissionen.

Funktionsweise

Für die Aktivierung der schallreduzierten Betriebsmodi gelten unterschiedliche Bedingungen. Die Bedingungen richten sich nach vordefinierten Tageszeiten. Die Tageszeiten sind eingeteilt in Tag, Abend und Nacht. Die exakte Zeitspanne für die Tageszeiten ist für jedes Land festgelegt. Jeder Tageszeit kann ein schallreduzierter Betriebsmodus zugeordnet werden, der die lokalen Anforderungen an die Schallemission erfüllt. Wenn die örtliche Zeit mit einer vordefinierten Tageszeit übereinstimmt, wechselt die Windenergieanlage in den entsprechenden schallreduzierten Betriebsmodus.

Der Schallreduktionsstatus kann über das ENERCON SCADA System eingesehen werden.

Windenergieanlagen werden anlagenspezifisch mit dem Grauton EC-F2, der RAL 7038 entspricht, oder mit dem Grauton EC-F3, der RAL 7035 entspricht, beschichtet. Für bestimmte Windenergieanlagentypen ist zudem der Farbton EC-F4, der RAL 9016 entspricht, verfügbar.

Tab. 1: Windenergieanlagentypen und Farbgebung

Windenergieanlagen- typ	EC-F2 (RAL 7038) Grundfarbe	EC-F3 (RAL 7035) Grundfarbe	EC-F4 (RAL 9016) Sonderfarbe
			
EP1	x		
EP2	x		
E-115 EP3 E3			x (geplant)
E-115 EP3 E4			x (geplant)
E-126 EP3	x (optional)		x (geplant)
E-138 EP3	x		
E-138 EP3 E2			x (geplant)
E-138 EP3 E3			x (geplant)
EP5			x (geplant)

Glanzgrad

Der Glanzgrad der verwendeten Farbtöne in den Bereichen Rotorblatt, Gondel und Turm beträgt max. 30 ±10 Glanzeinheiten.

Gondelverkleidung

Je nach Baureihe kommen unterschiedliche Materialien und Ausführungen der Gondelverkleidung zum Einsatz. Bei der Ausführung mit glasfaserverstärktem Kunststoff wird die äußere Schicht der Gondelverkleidung in dem entsprechenden Farbton durchgefärbt gefertigt.

Bei Baureihen mit Aluminiumverkleidung können verschiedene Ausführungen zum Einsatz kommen. Entweder wird die Gondelverkleidung nicht beschichtet, sondern mit einem speziellen und umweltfreundlichen Verfahren behandelt. Der so entstehende Farbton unterscheidet sich kaum vom Grauton der anderen Komponenten. Oder die Aluminiumteile werden in dem entsprechenden Farbton außen beschichtet.

Wenn die Gondelverkleidung eine farbliche Kennzeichnung zur Flugsicherung erhalten soll, wird sie jedoch mindestens partiell mit dem geforderten Farbton beschichtet.

Korrosionsschutz

Bei der Außenbeschichtung am Stahlrohrturm, modularen Stahlturm, Hybrid-Stahlturm und der Stahlsektion am Hybridturm wird anlagenspezifisch die Korrosivitätskategorie C4 oder C5 erfüllt. Die Innenbeschichtung erfüllt mindestens die Anforderungen der Korrosivitätskategorie C3.

Technische Beschreibung

ENERCON Windenergieanlagen

Hinterkantenkamm

(engl. Trailing Edge Serration-TES)

Impressum

Herausgeber

ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109
Email: info@enercon.de ▪ Internet: <http://www.enercon.de>
Geschäftsführer: Hans-Dieter Kettwig, Nicole Fritsch-Nehring
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411
Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

Urheberrechtshinweis

Die Inhalte dieses Dokumentes sind urheberrechtlich durch das deutsche Urheberrechtsgesetz sowie durch internationale Verträge geschützt.
Sämtliche Urheberrechte an den Inhalten dieses Dokumentes liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Urheber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.
Dem Nutzer werden durch die Bereitstellung der Inhalte keine gewerblichen Schutzrechte, Nutzungsrechte oder sonstigen Rechte eingeräumt oder vorbehalten. Dem Nutzer ist es untersagt, für das Know-how oder Teile davon Rechte gleich welcher Art anzumelden.
Die Weitergabe, Überlassung und sonstige Verbreitung der Inhalte dieses Dokumentes an Dritte, die Anfertigung von Kopien, Abschriften und sonstigen Reproduktionen sowie die Verwertung und sonstige Nutzung sind – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung des Urhebers untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten. Verstöße gegen das Urheberrecht sind rechtswidrig, gem. §§ 106 ff. Urheberrechtsgesetz strafbar und gewähren den Trägern der Urheberrechte Ansprüche auf Unterlassung und Schadensersatz.

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	D0310012-1		
Vermerk	Originaldokument		
Datum	Sprache	DCC	Werk / Abteilung
2014-10-21	ger	DA	WRD GmbH / Technische Redaktion

Beschreibung des Hinterkantenkamms

Einleitung

Auf der Saug- und Druckseite des Rotorblatts herrschen unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten. Dadurch kommt es an der Hinterkante zu Turbulenzen und der Geräuschpegel im Anlagenbetrieb steigt an.

Um diesen Geräuschpegel zu senken, wird ein Zackenprofil an der Endkante montiert. Dieses Profil wird als Hinterkantenkamm (engl. **Trailing Edge Serration**) bezeichnet.

Akustische Emission

Die bedeutendste Ursache für den Strömungslärm ist die sich an der Oberfläche der Rotorblätter ausbildende turbulente Grenzschicht, in der sich Turbulenzballen bilden, siehe Abb. 1, S. 1.

Treffen die Turbulenzballen auf die Hinterkante, produzieren sie entsprechend ihrer Größe Druckschwankungen, die als breitbandige aerodynamische Geräusche abstrahlen.

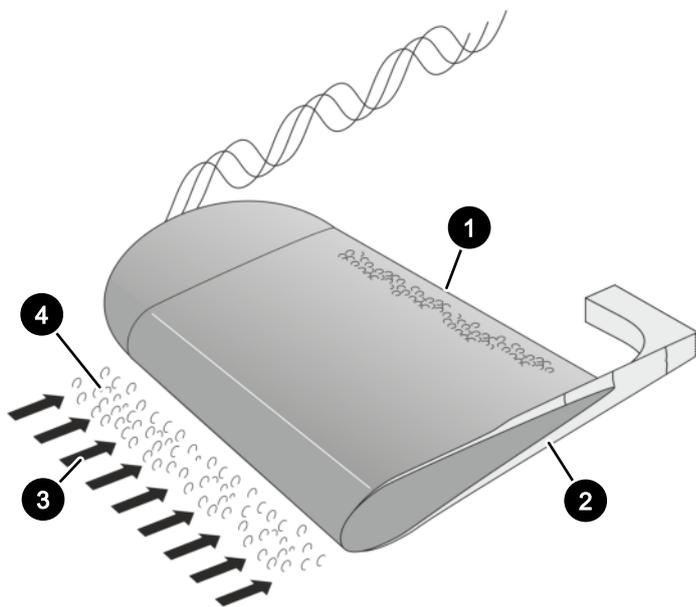


Abb. 1: Schematische Darstellung der Strömung am Rotorblatt

1	Turbulenzballen an der Hinterkante	3	Anströmung
2	Grenzschicht	4	Turbulenzballen in der Anströmung

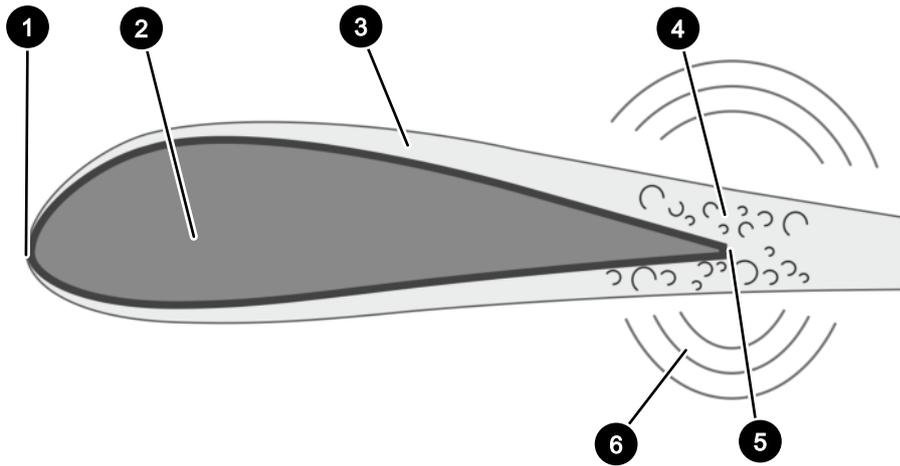


Abb. 2: Prinzipieller Mechanismus des Hinterkantengeräuschs

1	Vorderkante	4	turbulente Grenzschicht
2	Querschnitt des Rotorblatts	5	Hinterkante
3	Grenzschicht	6	Emission der Hinterkante

Reduzierung der akustischen Emission

Eine gezähnte Verlängerung der Hinterkante reduziert die akustische Emission, indem die Turbulenzballen an den Zahnflanken wirkungsvoll in kleinere Turbulenzballen aufgebrochen werden. Die Stärke der Druckschwankungen wird reduziert, was zu einer verminderten akustischen Abstrahlung führt. Da die Intensität der Schallabstrahlung erheblich von der lokalen Strömungsgeschwindigkeit abhängig ist, werden Hinterkantenkämme nur im äußeren Rotorblattbereich angebracht, wo die Rotationsgeschwindigkeit am größten ist.

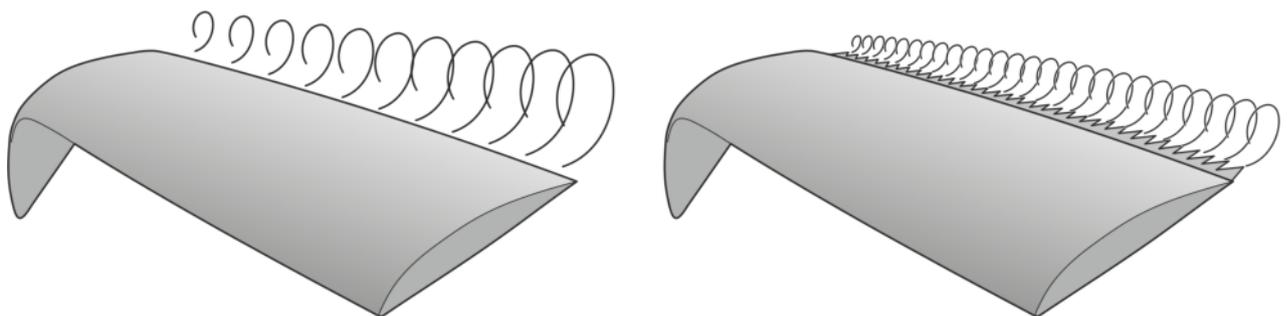


Abb. 3: Schematische Darstellung der Wirkung des Hinterkantenkamms

Da sich die Strömungsbedingungen entlang des Rotorblatts verändern, muss auch die Zackengröße in Abstand und Länge funktional an die lokalen Anströmbedingungen angepasst werden. Die patentierte kontinuierliche Verteilung der Zackengröße an ENERCON Windenergieanlagen führt zu einer optimalen Schallreduktion.

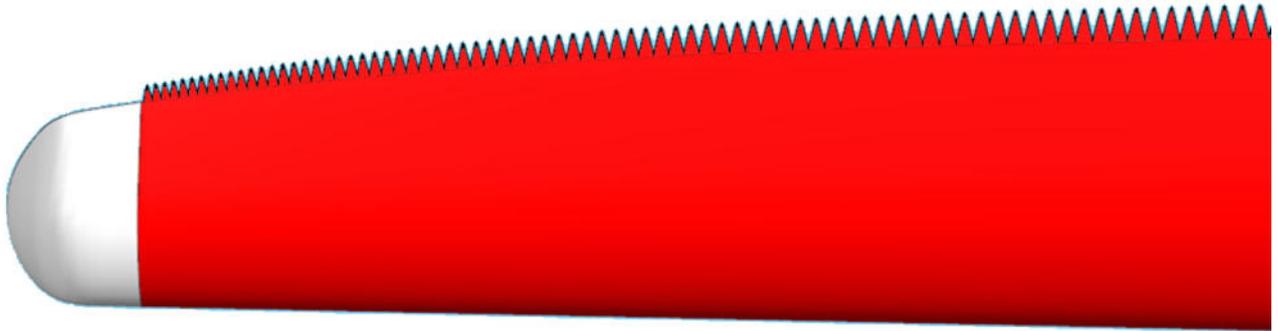


Abb. 4: Hinterkantenkamm TES

Auswirkungen auf die Leistungs-, c_t - und c_p -Kurve

Der Hinterkantenkamm hat keinen Einfluss auf die Leistungskurve oder auf die c_t - und c_p -Kennlinien. Der Hinterkantenkamm dient ausschließlich der Reduzierung der akustischen Emission.

Technische Beschreibung

Schattenabschaltung

ENERCON Windenergieanlagen EP5

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

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

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

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

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

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

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

Dokumentinformation

Dokument-ID	D0808848/2.0-de		
Vermerk	Originaldokument		
Datum	Sprache	DCC	Werk / Abteilung
2021-01-15	de	DB	WRD Management Support GmbH / Technische Redaktion

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	4
2	Systemkomponenten	4
3	Funktionsweise	4
4	Protokollierung	5

1 Allgemeines

Periodischer Schattenwurf ist die wiederkehrende Verschattung des direkten Sonnenlichts durch die Bewegung der Rotorblätter einer Windenergieanlage. Das Auftreten dieses Effekts ist abhängig von der aktuellen lokalen Wetterlage, der Ausrichtung der Gondel entsprechend der Windrichtung, dem Sonnenstand und den Betriebszeiten der Windenergieanlage.

Die Schattenabschaltung hält die Windenergieanlage an, wenn bei laufender Windenergieanlage Anlieger durch den Schattenwurf der rotierenden Rotorblätter belastigt würden. Die Schattenabschaltung wird ggf. schon mit der Genehmigung zur Errichtung einer Windenergieanlage vorgeschrieben.

Dieses Dokument gilt für Windenergieanlagen der Plattform EP5 (E-147 EP5, E-147 EP5 E2, E-160 EP5, E-160 EP5 E2 und E-160 EP5 E3) und beschreibt die Schattenabschaltung des Herstellers NorthTec.

2 Systemkomponenten

Das NorthTec-System wird spezifisch für jede Windenergieanlage bzw. für jeden Windpark ausgelegt. Die Schattenabschaltung besteht aus mindestens einer Mastereinheit und einer Lichtsensorik zur Erfassung der Lichtverhältnisse. Bei Bedarf können dem System weitere Lichtsensoriken hinzugefügt werden.

Mastereinheit

Die Mastereinheit ermittelt unter Berücksichtigung der projektspezifischen Gegebenheiten, der Messwerte der Lichtsensorik und der Betriebsdaten der Windenergieanlage die erforderlichen Abschaltungen. Die Mastereinheit sendet Start- und Stoppsignale an die Windenergieanlagen und protokolliert relevante Ereignisse.

Eine Mastereinheit kann bis zu 100 Windenergieanlagen und die Schattenwurfimmissionen an bis zu 2000 Immissionsorten überwachen.

Die Mastereinheit wird in einem separaten Schaltschrank in der Nähe des ENERCON SCADA Servers der Windenergieanlage oder des Windparks installiert, beispielsweise in der Übergabestation, im Umspannwerk oder im Turmfuß.

Lichtsensorik

Die Lichtsensorik misst die Beleuchtungsstärke des Sonnenlichts und übermittelt die Messwerte an die Mastereinheit. Zusätzlich wird der Mastereinheit über einen GPS-Empfänger in der Lichtsensorik die exakte Uhrzeit zur Verfügung gestellt.

Die Messwerte von einer Lichtsensorik können für die Schattenabschaltung von mehreren Windenergieanlagen verwendet werden. Bei einer weiträumigen Auslegung eines Windparks ist die Ausrüstung weiterer Windenergieanlagen mit Lichtsensoriken notwendig. Die Lichtsensorik wird mit einer Halterung auf dem Gondeldach installiert und gegen Überspannung geschützt. Für den Betrieb unter schwierigen Wetterbedingungen (Eis, Schnee, Feuchtigkeit) wird die Lichtsensorik beheizt.

3 Funktionsweise

Der Schattenabschaltung liegt ein geometrisches System zugrunde. In der Mastereinheit werden die projektspezifischen Daten wie die Koordinaten, Nabenhöhen und Rotordurchmesser aller Windenergieanlagen am Standort hinterlegt. Zudem werden die Koordinaten und Ausmaße (Wände und Flächen) der zu schützenden Immissionsorte und die zulässigen Schattenwurfkontingente definiert. Unter Berücksichtigung der angeschlossenen

Lichtsensoren und der Betriebsdaten der Windenergieanlage ermittelt die Mastereinheit die erforderlichen Abschaltungen. Die Mastereinheit sendet die Start- und Stoppsignale an die Windenergieanlage, um definierte Vorgaben zum Schattenwurf zu erfüllen.

Die Schattenabschaltung verfügt über verschiedene Funktionen, um die vorgegebenen Richtwerte optimal zu nutzen und Abschaltzeiten gering zu halten:

- Berücksichtigung der Gondelposition
- Berücksichtigung der aktuellen Leistung der Windenergieanlage, um mögliche Schattenwurfkontingente in windstarken Zeiten zu nutzen
- Individuelle Überwachungszeiten je nach Nutzung für ausgewählte Immissionsorte, sodass für Industrie- und Gewerbegebiete an Wochenenden oder Feiertagen die Schattenabschaltung deaktiviert ist

Neben der geometrischen Berechnung der Abschaltungen können für die Schattenabschaltung alternativ auch Abschaltkalender vorgegeben werden.

Implementierung in ENERCON SCADA

Um die Schattenabschaltung durchführen zu können, muss die Schattenabschaltung mit der Steuerung der Windenergieanlage kommunizieren. Dafür wird die Mastereinheit in das ENERCON SCADA System eingebunden. Dadurch kann die Mastereinheit die Betriebsdaten der Windenergieanlage abrufen. Die Betriebsdaten werden für eine exakte Berechnung des Schattenwurfs herangezogen. Die Mastereinheit sendet die Signale für die Start- und Stoppvorgänge an die Steuerung der Windenergieanlage über das ENERCON SCADA System.

Für die volle Funktionalität der Schattenabschaltung ist ein Datenaustausch zwischen der Lichtsensorik und der Mastereinheit notwendig. Dafür werden die Mastereinheit und die Lichtsensorik über Ethernet-Schnittstellen in das Park-Netzwerk eingebunden.

4 Protokollierung

Alle relevanten Ereignisse werden durch die Mastereinheit protokolliert. Hierzu zählen:

- rechnerisch mögliche Schattenwurfzeiten an maßgeblichen Immissionsorten
- Abschaltzeiten der Windenergieanlage
- tatsächliche Schattenwurfzeiten unter Berücksichtigung sämtlicher Windenergieanlagen am Standort
- Tageszählerstand und Jahreszählerstand unter Berücksichtigung sämtlicher Windenergieanlagen am Standort
- Sonnenaufgang und Sonnenuntergang
- relevante Betriebsdaten der Windenergieanlage
- Beleuchtungsstärke der Lichtsensorik

Die Protokolle werden auf USB-Medien gespeichert und können zusätzlich über eine gesicherte Netzwerkverbindung ausgelesen werden.

Technisches Datenblatt

Betriebsmodus 0 s

**ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E3 / 5560 kW mit
TES (Trailing Edge Serrations)**

Herausgeber	<p>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, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, Jörg Scholle Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411 Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360</p>
Urheberrechtshinweis	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.</p> <p>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.</p>
Geschützte Marken	<p>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.</p>
Änderungsvorbehalt	<p>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.</p>

Dokumentinformation

Dokument-ID	D02250920/4.0-de
Vermerk	Originaldokument

Datum	Sprache	DCC	Werk / Abteilung
2022-02-25	de	DA	WRD Wobben Research and Development GmbH / Technische Redaktion

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.

Dokument-ID	Titel
IEC 61400-12-1:2017	Wind energy generation systems – Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines
IEC 61400-11:2012	Wind turbines – Part 11: Acoustic noise measurement techniques
-	Garantie des Leistungsverhaltens für ENERCON Windenergieanlagen

Inhaltsverzeichnis

1	Verfügbarer Betriebsmodus	6
2	Allgemeines	7
2.1	Leistungsverhalten	7
2.2	Informationen zu Schalleistungspegeln	7
2.3	Betriebsparameter	7
2.4	Standorteigenschaften	8
2.5	Turbulenzintensität	9
3	Betriebsmodus 0 s	11
3.1	Berechnete Leistungs-, cp- und ct-Werte Betriebsmodus 0 s	11
3.2	Berechnete Schalleistungspegel Betriebsmodus 0 s	14

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungen

HST	Hybrid-Stahlurm
HT	Hybridurm
NH	Nabenhöhe
ST	Stahlurm

Größen, Einheiten, Formeln

L_{WA}	Schalleistungspegel
v_H	Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe
v_s	Standardisierte Windgeschwindigkeit
σ_P	Serienproduktstreuung
σ_R	Messunsicherheit

1 Verfügbarer Betriebsmodus

In der nachfolgenden Tabelle ist ersichtlich, welcher Betriebsmodus für welche Turmvarianten bzw. Nabenhöhen verfügbar ist.

Tab. 1: Verfügbarer Betriebsmodus

Be- trieb smo- dus	Turmvariante und Nabenhöhe (NH)		
	E-160 EP5 E3-ST-99-FB- C-01	E-160 EP5 E3-HST-120- FB-C-01	E-160 EP5 E3-HT-166- ES-C-01
	NH 99 m	NH 120 m	NH 166 m
0 s	x	x	x

x = verfügbar

- = nicht verfügbar

2 Allgemeines

Zu den in diesem Dokument angegebenen technischen Eigenschaften der Windenergieanlage ist zwingend das Beiblatt zu diesem Dokument zu beachten. Eine Übersicht über die Beiblätter steht dem Vertrieb zur Verfügung (D0950052 „Übersicht Beiblätter zu den Schall- und Leistungsdatenblättern“).

2.1 Leistungsverhalten

Die in diesem Dokument angegebenen Leistungswerte, Leistungsbeiwerte (c_p -Werte) und Schubbeiwerte (c_t -Werte) sind prognostizierte Werte, deren Erreichen ENERCON nach dem aktuellen Entwicklungsstand dieses Windenergieanlagentyps für hinreichend wahrscheinlich hält. Das Leistungsverhalten der Windenergieanlage wird ausschließlich unter den im Dokument „Garantie des Leistungsverhaltens für ENERCON Windenergieanlagen“ beschriebenen Bedingungen gewährleistet.

2.2 Informationen zu Schalleistungspegeln

Die Zuordnung der Schalleistungspegel (L_{WA}) zur standardisierten Windgeschwindigkeit (v_s) in 10 m Höhe gilt nur unter Voraussetzung eines logarithmischen Windprofils mit Rauigkeitslänge 0,05 m. Die Zuordnung der Schalleistungspegel zur Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (v_H) gilt für alle Nabenhöhen (NH). Die Windgeschwindigkeit wird bei Messungen aus der Leistungsabgabe und der Leistungskennlinie bestimmt.

Aufgrund der Messunsicherheiten (σ_R) bei Schallvermessungen und der Serienproduktstreuungen (σ_P) gelten die in diesem Dokument angegebenen Werte der Schalleistungspegel unter Berücksichtigung einer Unsicherheit von $\sigma_R = 0,5$ dB(A) und $\sigma_P = 1,2$ dB(A). Es gilt der 90-prozentige Vertrauensbereich:

$$L_{e,max} = L_W + 1,28 \cdot \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_P^2}$$

Ist während einer Vermessung die Differenz zwischen Gesamtgeräusch und Fremdgeräusch kleiner als 6 dB(A), so muss von einer höheren Unsicherheit ausgegangen werden. Richtlinie ist die IEC 61400-11:2012.

Die Schalleistungspegel sind für die in Tab. 2, S. 8 angegebenen Bedingungen berechnet. Es wird eine vorherrschende Turbulenzintensitätsverteilung von 6 % bis 12 % angenommen.

Eine projekt- und/oder standortspezifische Garantie über die Einhaltung des Schalleistungspegels wird durch dieses Datenblatt nicht übernommen.

2.3 Betriebsparameter

Einstellungen der Blindleistungserzeugung der Windenergieanlage sowie Steuerungen und Regelungen von Windparks haben einen Einfluss auf das Leistungsverhalten. Die in diesem Dokument angegebenen berechneten Leistungs-, c_p - und c_t -Kennlinien gelten unter der Voraussetzung eines uneingeschränkten Betriebs.

2.4 Standorteigenschaften

Die Leistungs-, c_p - und c_t -Kennlinien sowie Schalleistungspegel sind für die in Tab. 2, S. 8 angegebenen Bedingungen bei unbeschädigten Blattvorderkanten und sauberen Rotorblättern berechnet. Die Berechnungen beruhen auf der Erfahrung mit Windenergieanlagen an den unterschiedlichsten Standorten.

Tab. 2: Standortbedingungen

Parameter	Wert (10-Minuten-Mittel)
Standardluftdichte	1,225 kg/m ³
relative Luftfeuchte	70 %
Temperatur	15 °C
Turbulenzintensität	gemäß Kap. 2.5, S. 9
Höhenexponent	0,0 bis 0,3
maximale Windrichtungsdifferenz zwischen unterem und oberem Tip	10°
maximale Schräganströmung	±2°
Terrain	gemäß IEC 61400-12-1:2017
Schnee/Eis	nein
Regen	nein

Im Übrigen gelten die Rahmenbedingungen gemäß IEC 61400-12-1:2017.

2.5 Turbulenzintensität

Den Gültigkeitsbereich der Leistungs-, c_p - und c_t -Kennlinien, hinsichtlich möglicher am Standort vorherrschender Turbulenzintensitäten, definiert die nachfolgende Tabelle. Weitere Einschränkungen sind Tab. 2, S. 8 zu entnehmen.

Tab. 3: Turbulenzintensität

Windgeschwindigkeit in m/s	Untere Grenze Turbulenzintensität in %	Obere Grenze Turbulenzintensität in %
0,00	20,00	40,00
0,50	20,00	40,00
1,00	20,00	40,00
1,50	20,00	40,00
2,00	20,00	40,00
2,50	20,00	40,00
3,00	18,32	34,02
3,50	16,45	30,55
4,00	15,05	27,95
4,50	13,96	25,93
5,00	13,09	24,31
5,50	12,38	22,99
6,00	11,78	21,88
6,50	11,28	20,95
7,00	10,85	20,15
7,50	10,48	19,46
8,00	10,15	18,85
8,50	9,86	18,31
9,00	9,61	17,84
9,50	9,38	17,41
10,00	9,17	17,03
10,50	8,98	16,68
11,00	8,81	16,37
11,50	8,66	16,08
12,00	8,52	15,82
12,50	8,39	15,57
13,00	8,27	15,35
13,50	8,15	15,14
14,00	8,05	14,95
14,50	7,95	14,77
15,00	7,86	14,60

Windgeschwindigkeit in m/s	Untere Grenze Turbulenzintensität in %	Obere Grenze Turbulenzintensität in %
15,50	7,78	14,45
16,00	7,70	14,30
16,50	7,63	14,16
17,00	7,56	14,03
17,50	7,49	13,91
18,00	7,43	13,79
18,50	7,37	13,69
19,00	7,31	13,58
19,50	7,26	13,48
20,00	7,21	13,39
20,50	7,16	13,30
21,00	7,12	13,22
21,50	7,07	13,14
22,00	7,03	13,06
22,50	6,99	12,99
23,00	6,95	12,92
23,50	6,92	12,85
24,00	6,88	12,78
24,50	6,85	12,72
25,00	6,82	12,66
25,50	6,79	12,60
26,00	6,76	12,55
26,50	6,73	12,50
27,00	6,70	12,45
27,50	6,68	12,40
28,00	6,65	12,35

3 Betriebsmodus 0 s

3.1 Berechnete Leistungs-, c_p - und c_t -Werte Betriebsmodus 0 s

 Tab. 4: Berechnete Leistungs-, c_p - und c_t -Werte E-160 EP5 E3 / 5560 kW Betriebsmodus 0 s

Windgeschwindigkeit v in m/s	Leistung P in kW	c_p -Wert	c_t -Wert
0,00	0	0,00	0,00
0,50	0	0,00	0,00
1,00	0	0,00	0,00
1,50	0	0,00	0,00
2,00	0	0,00	0,00
2,50	40	0,21	1,02
3,00	103	0,31	1,00
3,50	205	0,39	0,93
4,00	343	0,44	0,88
4,50	520	0,46	0,85
5,00	728	0,47	0,82
5,50	980	0,48	0,81
6,00	1277	0,48	0,80
6,50	1621	0,48	0,79
7,00	2007	0,48	0,77
7,50	2425	0,47	0,74
8,00	2864	0,45	0,71
8,50	3308	0,44	0,67
9,00	3742	0,42	0,63
9,50	4150	0,39	0,58
10,00	4517	0,37	0,53
10,50	4831	0,34	0,49
11,00	5082	0,31	0,44
11,50	5271	0,28	0,39
12,00	5404	0,25	0,35
12,50	5492	0,23	0,31
13,00	5548	0,21	0,28
13,50	5560	0,18	0,25
14,00	5560	0,16	0,22
14,50	5560	0,15	0,20
15,00	5560	0,13	0,18

Windgeschwindigkeit v in m/s	Leistung P in kW	c_p -Wert	c_t -Wert
15,50	5560	0,12	0,16
16,00	5560	0,11	0,15
16,50	5560	0,10	0,13
17,00	5560	0,09	0,12
17,50	5560	0,08	0,11
18,00	5560	0,08	0,10
18,50	5560	0,07	0,10
19,00	5560	0,07	0,09
19,50	5560	0,06	0,08
20,00	5560	0,06	0,08
20,50	5503	0,05	0,07
21,00	5406	0,05	0,07
21,50	5264	0,04	0,06
22,00	5069	0,04	0,06
22,50	4818	0,03	0,05
23,00	4516	0,03	0,05
23,50	4170	0,03	0,04
24,00	3791	0,02	0,04
24,50	3390	0,02	0,03
25,00	2709	0,01	0,02
25,50	2327	0,01	0,02
26,00	1973	0,01	0,02
26,50	1641	0,01	0,01
27,00	1340	0,01	0,01
27,50	1072	0,00	0,01
28,00	902	0,00	0,01

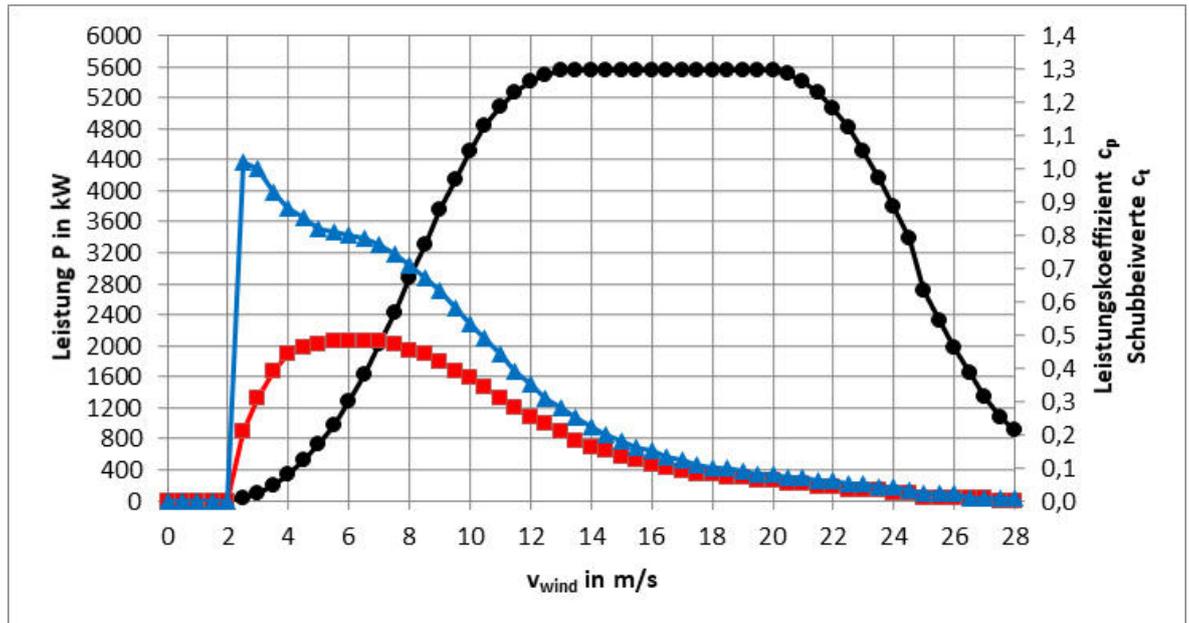


Abb. 1: Leistungs-, c_p - und c_t -Kennlinien E-160 EP5 E3 / 5560 kW Betriebsmodus 0 s

	Leistung P in kW
	c_t -Wert
	c_p -Wert

3.2 Berechnete Schalleistungspegel Betriebsmodus 0 s

Im Betriebsmodus 0 s wird die Windenergieanlage leistungsoptimiert mit optimaler Ertragsausbeute betrieben. Der höchste zu erwartende Schalleistungspegel liegt bei 106,8 dB(A) im Bereich der Nennleistung. Alle angegebenen Schalleistungspegel gelten unter Berücksichtigung der in Kap. 2.2, S. 7 beschriebenen Unsicherheiten. Nach Erreichen der Nennleistung steigt der Schalleistungspegel nicht weiter an.

Tab. 5: Technische Daten

Parameter	Wert	Einheit
Nennleistung (P_n)	5560	kW
Nennwindgeschwindigkeit	13,5	m/s
minimale Betriebsdrehzahl	4,4	U/min
Solldrehzahl	9,6	U/min

Tab. 6: Berechneter Schalleistungspegel in dB(A) bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe	Schalleistungspegel in dB(A)		
	NH 99 m	NH 120 m	NH 166 m
3 m/s	94,8	95,1	95,6
3,5 m/s	97,0	97,5	98,4
4 m/s	99,8	100,3	101,1
4,5 m/s	102,1	102,7	103,5
5 m/s	104,3	104,8	105,7
5,5 m/s	106,4	106,8	106,8
6 m/s	106,8	106,8	106,8
6,5 m/s	106,8	106,8	106,8
7 m/s	106,8	106,8	106,8
7,5 m/s	106,8	106,8	106,8
8 m/s	106,8	106,8	106,8
8,5 m/s	106,8	106,8	106,8
9 m/s	106,8	106,8	106,8
9,5 m/s	106,8	106,8	106,8
10 m/s	106,8	106,8	106,8
10,5 m/s	106,8	106,8	106,8
11 m/s	106,8	106,8	106,8
11,5 m/s	106,8	106,8	106,8
12 m/s	106,8	106,8	106,8
95 % P_n	106,8	106,8	106,8

Tab. 7: Berechneter Schalleistungspegel in dB(A) bezogen auf die Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H	Schalleistungspegel in dB(A)
5 m/s	96,9
5,5 m/s	99,0
6 m/s	100,7
6,5 m/s	102,3
7 m/s	103,9
7,5 m/s	105,2
8 m/s	106,8
8,5 m/s	106,8
9 m/s	106,8
9,5 m/s	106,8
10 m/s	106,8
10,5 m/s	106,8
11 m/s	106,8
11,5 m/s	106,8
12 m/s	106,8
12,5 m/s	106,8
13 m/s	106,8
13,5 m/s	106,8
14 m/s	106,8
14,5 m/s	106,8
15 m/s	106,8

Technisches Datenblatt

Leistungsoptimierte Schallbetriebe

**ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E3 / 5560 kW mit
TES (Trailing Edge Serrations)**

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, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, Jörg Scholle
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411
Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

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

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

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

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

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

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

Dokumentinformation

Dokument-ID	D02444386/4.0-de		
Vermerk	Originaldokument		
Datum	Sprache	DCC	Werk / Abteilung
2022-03-30	de	DA	WRD Wobben Research and Development GmbH / Technische Redaktion

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
IEC 61400-11:2012	Wind turbines - Part 11: Acoustic noise measurement techniques
IEC 61400-12-1:2017	Wind energy generation systems – Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines

Zugehörige Dokumente

Dokument-ID	Dokument
diverse	Garantie des Leistungsverhaltens für ENERCON Windenergieanlagen

Inhaltsverzeichnis

1	Verfügbare Betriebsmodi	7
2	Allgemeines	8
2.1	Leistungsverhalten	8
2.2	Informationen zu Schalleistungspegeln	8
2.3	Betriebsparameter	8
2.4	Standorteigenschaften	9
2.5	Turbulenzintensität	10
3	Betriebsmodus NR I s	12
3.1	Berechnete Leistungs-, cp- und ct-Werte Betriebsmodus NR I s	12
3.2	Berechnete Schalleistungspegel Betriebsmodus NR I s	15
4	Betriebsmodus NR II s	17
4.1	Berechnete Leistungs-, cp- und ct-Werte Betriebsmodus NR II s	17
4.2	Berechnete Schalleistungspegel Betriebsmodus NR II s	20
5	Betriebsmodus NR III s	22
5.1	Berechnete Leistungs-, cp- und ct-Werte Betriebsmodus NR III s	22
5.2	Berechnete Schalleistungspegel Betriebsmodus NR III s	25
6	Betriebsmodus NR IV s	27
6.1	Berechnete Leistungs-, cp- und ct-Werte Betriebsmodus NR IV s	27
6.2	Berechnete Schalleistungspegel Betriebsmodus NR IV s	30
7	Betriebsmodus NR V s	32
7.1	Berechnete Leistungs-, cp- und ct-Werte Betriebsmodus NR V s	32
7.2	Berechnete Schalleistungspegel Betriebsmodus NR V s	35
8	Betriebsmodus NR VI s	37
8.1	Berechnete Leistungs-, cp- und ct-Werte Betriebsmodus NR VI s	37
8.2	Berechnete Schalleistungspegel Betriebsmodus NR VI s	40
9	Betriebsmodus NR VII s	42
9.1	Berechnete Leistungs-, cp- und ct-Werte Betriebsmodus NR VII s	42
9.2	Berechnete Schalleistungspegel Betriebsmodus NR VII s	45
10	Betriebsmodus NR VIII s	47
10.1	Berechnete Leistungs-, cp- und ct-Werte Betriebsmodus NR VIII s	47
10.2	Berechnete Schalleistungspegel Betriebsmodus NR VIII s	50
11	Betriebsmodus NR IX s	52
11.1	Berechnete Leistungs-, cp- und ct-Werte Betriebsmodus NR IX s	52

11.2 Berechnete Schalleistungspegel Betriebsmodus NR IX s 55

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungen

HST	Hybrid-Stahlurm
HT	Hybridurm
NH	Nabenhöhe
NR	Noise-reduced (schallreduziert)
ST	Stahlurm

Größen, Einheiten, Formeln

L_{WA}	Schallleistungspegel
v_H	Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe
v_s	Standardisierte Windgeschwindigkeit
σ_P	Serienproduktstreuung
σ_R	Messunsicherheit

1 Verfügbare Betriebsmodi

In der nachfolgenden Tabelle ist ersichtlich, welche Betriebsmodi für welche Turmvarianten bzw. Nabenhöhen verfügbar sind.

Tab. 1: Verfügbare Betriebsmodi

Be- triebs- modus	Turmvariante und Nabenhöhe (NH)		
	E-160 EP5 E3-ST-99- FB-C-01	E-160 EP5 E3-HST-120- FB-C-01	E-160 EP5 E3-HT-166- ES-C-01
	NH 99 m	NH 120 m	NH 166 m
NR I s	x	x	x
NR II s	x	x	x
NR III s	x	x	x
NR IV s	x	x	x
NR V s	x	x	x
NR VI s	x	x	x
NR VII s	x	x	x
NR VIII s	x	x	x
NR IX s	x	x	x

x = verfügbar

- = nicht verfügbar

2 Allgemeines

Zu den in diesem Dokument angegebenen technischen Eigenschaften der Windenergieanlage ist zwingend das Beiblatt zu diesem Dokument zu beachten. Eine Übersicht über die Beiblätter steht dem Vertrieb zur Verfügung (D0950052 „Übersicht Beiblätter zu den Schall- und Leistungsdatenblättern“).

2.1 Leistungsverhalten

Die in diesem Dokument angegebenen Leistungswerte, Leistungsbeiwerte (c_p -Werte) und Schubbeiwerte (c_t -Werte) sind prognostizierte Werte, deren Erreichen ENERCON nach dem aktuellen Entwicklungsstand dieses Windenergieanlagentyps für hinreichend wahrscheinlich hält. Das Leistungsverhalten der Windenergieanlage wird ausschließlich unter den im Dokument „Garantie des Leistungsverhaltens für ENERCON Windenergieanlagen“ beschriebenen Bedingungen gewährleistet.

2.2 Informationen zu Schalleistungspegeln

Die Zuordnung der Schalleistungspegel (L_{WA}) zur standardisierten Windgeschwindigkeit (v_s) in 10 m Höhe gilt nur unter Voraussetzung eines logarithmischen Windprofils mit Rauigkeitslänge 0,05 m. Die Zuordnung der Schalleistungspegel zur Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (v_H) gilt für alle Nabenhöhen (NH). Die Windgeschwindigkeit wird bei Messungen aus der Leistungsabgabe und der Leistungskennlinie bestimmt.

Aufgrund der Messunsicherheiten (σ_R) bei Schallvermessungen und der Serienproduktstreuungen (σ_P) gelten die in diesem Dokument angegebenen Werte der Schalleistungspegel unter Berücksichtigung einer Unsicherheit von $\sigma_R = 0,5 \text{ dB(A)}$ und $\sigma_P = 1,2 \text{ dB(A)}$. Es gilt der 90-prozentige Vertrauensbereich:

$$L_{e,\max} = L_W + 1,28 \cdot \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_P^2}$$

Ist während einer Vermessung die Differenz zwischen Gesamtgeräusch und Fremdgeräusch kleiner als 6 dB(A), so muss von einer höheren Unsicherheit ausgegangen werden. Richtlinie ist die IEC 61400-11:2012.

Die Schalleistungspegel sind für die in Tab. 2, S. 9 angegebenen Bedingungen berechnet. Es wird eine vorherrschende Turbulenzintensitätsverteilung von 6 % bis 12 % angenommen.

Eine projekt- und/oder standortspezifische Garantie über die Einhaltung des Schalleistungspegels wird durch dieses Datenblatt nicht übernommen.

2.3 Betriebsparameter

Einstellungen der Blindleistungserzeugung der Windenergieanlage sowie Steuerungen und Regelungen von Windparks haben einen Einfluss auf das Leistungsverhalten. Die in diesem Dokument angegebenen berechneten Leistungs-, c_p - und c_t -Kennlinien gelten unter der Voraussetzung eines uneingeschränkten Betriebs.

2.4 Standorteigenschaften

Die Leistungs-, c_p - und c_t -Kennlinien sowie Schalleistungspegel sind für die in Tab. 2, S. 9 angegebenen Bedingungen bei unbeschädigten Blattvorderkanten und sauberen Rotorblättern berechnet. Die Berechnungen beruhen auf der Erfahrung mit Windenergieanlagen an den unterschiedlichsten Standorten.

Tab. 2: Standortbedingungen

Parameter	Wert (10-Minuten-Mittel)
Standardluftdichte	1,225 kg/m ³
relative Luftfeuchte	70 %
Temperatur	15 °C
Turbulenzintensität	gemäß Kap. 2.5, S. 10
Höhenexponent	0,0 bis 0,3
maximale Windrichtungsdifferenz zwischen unterem und oberem Tip	10°
maximale Schräganströmung	±2°
Terrain	gemäß IEC 61400-12-1:2017
Schnee/Eis	nein
Regen	nein

Im Übrigen gelten die Rahmenbedingungen gemäß IEC 61400-12-1:2017.

2.5 Turbulenzintensität

Den Gültigkeitsbereich der Leistungs-, c_p - und c_t -Kennlinien, hinsichtlich möglicher am Standort vorherrschender Turbulenzintensitäten, definiert die nachfolgende Tabelle. Weitere Einschränkungen sind Tab. 2, S. 9 zu entnehmen.

Tab. 3: Turbulenzintensität

Windgeschwindigkeit in m/s	Untere Grenze Turbulenzintensität in %	Obere Grenze Turbulenzintensität in %
0,00	20,00	40,00
0,50	20,00	40,00
1,00	20,00	40,00
1,50	20,00	40,00
2,00	20,00	40,00
2,50	20,00	40,00
3,00	18,32	34,02
3,50	16,45	30,55
4,00	15,05	27,95
4,50	13,96	25,93
5,00	13,09	24,31
5,50	12,38	22,99
6,00	11,78	21,88
6,50	11,28	20,95
7,00	10,85	20,15
7,50	10,48	19,46
8,00	10,15	18,85
8,50	9,86	18,31
9,00	9,61	17,84
9,50	9,38	17,41
10,00	9,17	17,03
10,50	8,98	16,68
11,00	8,81	16,37
11,50	8,66	16,08
12,00	8,52	15,82
12,50	8,39	15,57
13,00	8,27	15,35
13,50	8,15	15,14
14,00	8,05	14,95
14,50	7,95	14,77
15,00	7,86	14,60

Windgeschwindigkeit in m/s	Untere Grenze Turbulenzintensität in %	Obere Grenze Turbulenzintensität in %
15,50	7,78	14,45
16,00	7,70	14,30
16,50	7,63	14,16
17,00	7,56	14,03
17,50	7,49	13,91
18,00	7,43	13,79
18,50	7,37	13,69
19,00	7,31	13,58
19,50	7,26	13,48
20,00	7,21	13,39
20,50	7,16	13,30
21,00	7,12	13,22
21,50	7,07	13,14
22,00	7,03	13,06
22,50	6,99	12,99
23,00	6,95	12,92
23,50	6,92	12,85
24,00	6,88	12,78
24,50	6,85	12,72
25,00	6,82	12,66
25,50	6,79	12,60
26,00	6,76	12,55
26,50	6,73	12,50
27,00	6,70	12,45
27,50	6,68	12,40
28,00	6,65	12,35

3 Betriebsmodus NR I s

3.1 Berechnete Leistungs-, c_p - und c_t -Werte Betriebsmodus NR I s

Tab. 4: Berechnete Leistungs-, c_p - und c_t -Werte E-160 EP5 E3 / 5560 kW Betriebsmodus NR I s

Windgeschwindigkeit v in m/s	Leistung P in kW	c_p -Wert	c_t -Wert
0,00	0	0,00	0,00
0,50	0	0,00	0,00
1,00	0	0,00	0,00
1,50	0	0,00	0,00
2,00	0	0,00	0,00
2,50	42	0,22	0,93
3,00	104	0,31	0,92
3,50	203	0,39	0,85
4,00	338	0,43	0,81
4,50	508	0,45	0,78
5,00	709	0,46	0,75
5,50	950	0,46	0,74
6,00	1233	0,46	0,72
6,50	1559	0,46	0,71
7,00	1923	0,46	0,69
7,50	2313	0,45	0,67
8,00	2718	0,43	0,64
8,50	3126	0,41	0,61
9,00	3525	0,39	0,57
9,50	3905	0,37	0,53
10,00	4257	0,35	0,49
10,50	4571	0,32	0,45
11,00	4836	0,30	0,41
11,50	5047	0,27	0,37
12,00	5205	0,25	0,33
12,50	5317	0,22	0,30
13,00	5391	0,20	0,27
13,50	5437	0,18	0,24
14,00	5440	0,16	0,22
14,50	5440	0,15	0,20

Windgeschwindigkeit v in m/s	Leistung P in kW	c_p -Wert	c_t -Wert
15,00	5440	0,13	0,18
15,50	5440	0,12	0,16
16,00	5440	0,11	0,15
16,50	5440	0,10	0,13
17,00	5440	0,09	0,12
17,50	5440	0,08	0,11
18,00	5440	0,08	0,10
18,50	5440	0,07	0,10
19,00	5440	0,06	0,09
19,50	5440	0,06	0,08
20,00	5440	0,06	0,08
20,50	5387	0,05	0,07
21,00	5293	0,05	0,07
21,50	5156	0,04	0,06
22,00	4967	0,04	0,06
22,50	4724	0,03	0,05
23,00	4431	0,03	0,05
23,50	4095	0,03	0,04
24,00	3726	0,02	0,04
24,50	3336	0,02	0,03
25,00	2669	0,01	0,02
25,50	2295	0,01	0,02
26,00	1948	0,01	0,02
26,50	1622	0,01	0,01
27,00	1324	0,01	0,01
27,50	1060	0,00	0,01
28,00	893	0,00	0,01

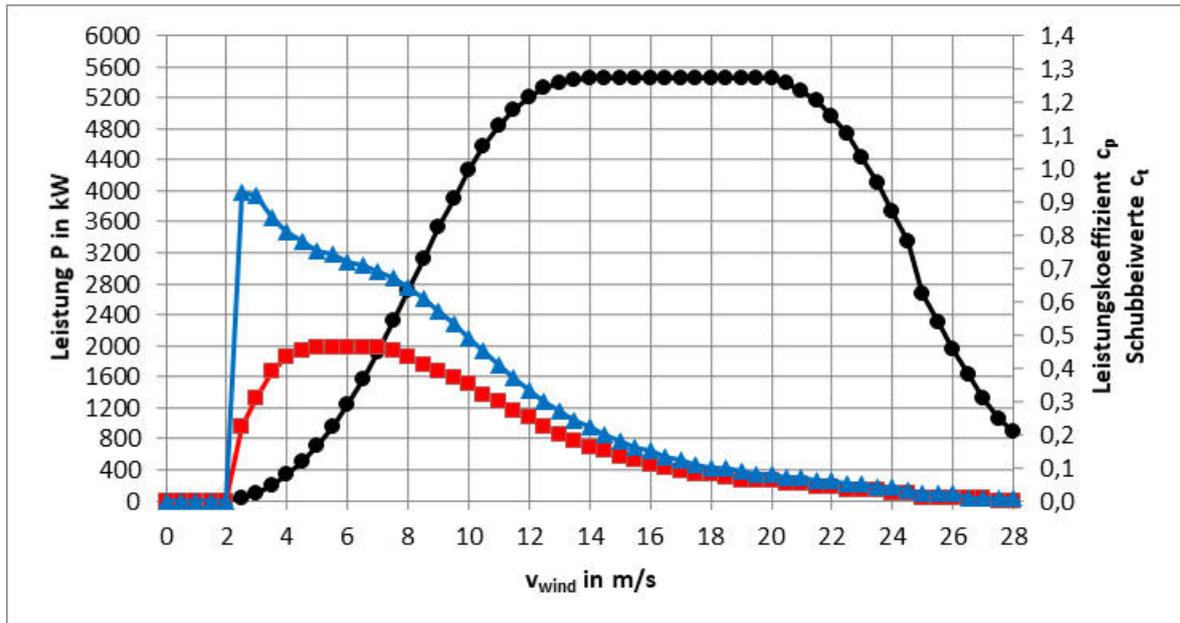


Abb. 1: Leistungs-, c_p - und c_t -Kennlinien E-160 EP5 E3 / 5560 kW Betriebsmodus NR I s

	Leistung P in kW
	c_t -Wert
	c_p -Wert

3.2 Berechnete Schalleistungspegel Betriebsmodus NR I s

Im Betriebsmodus NR I s wird die Windenergieanlage leistungsoptimiert betrieben. Der höchste zu erwartende Schalleistungspegel liegt bei 106,0 dB(A) im Bereich der Nennleistung. Alle angegebenen Schalleistungspegel gelten unter Berücksichtigung der in Kap. 2.2, S. 8 beschriebenen Unsicherheiten. Nach Erreichen der Nennleistung steigt der Schalleistungspegel nicht weiter an.

Tab. 5: Technische Daten

Parameter	Wert	Einheit
Nennleistung (P_n)	5440	kW
Nennwindgeschwindigkeit	14,0	m/s
minimale Betriebsdrehzahl		
■ E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01	4,4	U/min
■ E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01	4,4	U/min
■ E-160 EP5 E3-ST-99-FB-C-01	4,4	U/min
Solldrehzahl	9,4	U/min

Tab. 6: Berechneter Schalleistungspegel in dB(A) bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe	Schalleistungspegel in dB(A)		
	NH 99 m	NH 120 m	NH 166 m
3 m/s	94,4	94,6	95,1
3,5 m/s	96,5	97,0	97,8
4 m/s	99,1	99,6	100,4
4,5 m/s	101,4	102,0	102,8
5 m/s	103,6	104,1	104,9
5,5 m/s	105,5	105,8	105,9
6 m/s	105,9	106,0	106,0
6,5 m/s	106,0	106,0	106,0
7 m/s	106,0	106,0	106,0
7,5 m/s	106,0	106,0	106,0
8 m/s	106,0	106,0	106,0
8,5 m/s	106,0	106,0	106,0
9 m/s	106,0	106,0	106,0
9,5 m/s	106,0	106,0	106,0
10 m/s	106,0	106,0	106,0
10,5 m/s	106,0	106,0	106,0
11 m/s	106,0	106,0	106,0
11,5 m/s	106,0	106,0	106,0
12 m/s	106,0	106,0	106,0

v_s in 10 m Höhe	Schalleistungspegel in dB(A)		
	NH 99 m	NH 120 m	NH 166 m
95 % P_n	106,0	106,0	106,0

Tab. 7: Berechneter Schalleistungspegel in dB(A) bezogen auf die Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H	Schalleistungspegel in dB(A)
5 m/s	96,4
5,5 m/s	98,4
6 m/s	100,0
6,5 m/s	101,6
7 m/s	103,2
7,5 m/s	104,5
8 m/s	105,8
8,5 m/s	105,9
9 m/s	106,0
9,5 m/s	106,0
10 m/s	106,0
10,5 m/s	106,0
11 m/s	106,0
11,5 m/s	106,0
12 m/s	106,0
12,5 m/s	106,0
13 m/s	106,0
13,5 m/s	106,0
14 m/s	106,0
14,5 m/s	106,0
15 m/s	106,0

4 Betriebsmodus NR II s

4.1 Berechnete Leistungs-, c_p - und c_t -Werte Betriebsmodus NR II s

Tab. 8: Berechnete Leistungs-, c_p - und c_t -Werte E-160 EP5 E3 / 5560 kW Betriebsmodus NR II s

Windgeschwindigkeit v in m/s	Leistung P in kW	c_p -Wert	c_t -Wert
0,00	0	0,00	0,00
0,50	0	0,00	0,00
1,00	0	0,00	0,00
1,50	0	0,00	0,00
2,00	0	0,00	0,00
2,50	42	0,22	0,93
3,00	104	0,31	0,92
3,50	203	0,39	0,85
4,00	338	0,43	0,81
4,50	508	0,45	0,78
5,00	709	0,46	0,75
5,50	950	0,46	0,74
6,00	1232	0,46	0,72
6,50	1553	0,46	0,71
7,00	1907	0,45	0,68
7,50	2283	0,44	0,66
8,00	2667	0,42	0,62
8,50	3050	0,40	0,59
9,00	3423	0,38	0,55
9,50	3779	0,36	0,51
10,00	4111	0,33	0,47
10,50	4409	0,31	0,43
11,00	4663	0,28	0,39
11,50	4870	0,26	0,36
12,00	5026	0,24	0,32
12,50	5139	0,21	0,29
13,00	5214	0,19	0,26
13,50	5263	0,17	0,23
14,00	5270	0,16	0,21
14,50	5270	0,14	0,19

Windgeschwindigkeit v in m/s	Leistung P in kW	c _p -Wert	c _t -Wert
15,00	5270	0,13	0,17
15,50	5270	0,12	0,16
16,00	5270	0,10	0,14
16,50	5270	0,10	0,13
17,00	5270	0,09	0,12
17,50	5270	0,08	0,11
18,00	5270	0,07	0,10
18,50	5270	0,07	0,09
19,00	5270	0,06	0,09
19,50	5270	0,06	0,08
20,00	5270	0,05	0,07
20,50	5266	0,05	0,07
21,00	5202	0,05	0,06
21,50	5102	0,04	0,06
22,00	4956	0,04	0,05
22,50	4758	0,03	0,05
23,00	4507	0,03	0,05
23,50	4206	0,03	0,04
24,00	3864	0,02	0,04
24,50	3498	0,02	0,03
25,00	2809	0,02	0,03
25,50	2418	0,01	0,02
26,00	2057	0,01	0,02
26,50	1717	0,01	0,01
27,00	1407	0,01	0,01
27,50	1131	0,00	0,01
28,00	953	0,00	0,01

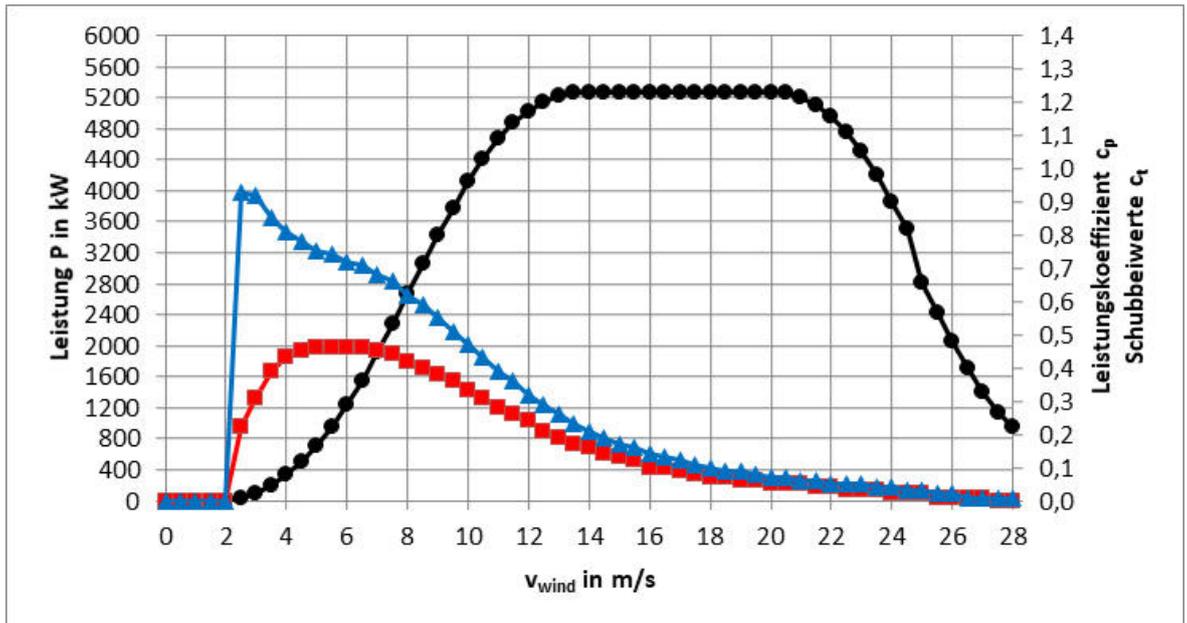


Abb. 2: Leistungs-, c_p - und c_t -Kennlinien E-160 EP5 E3 / 5560 kW Betriebsmodus NR II s

	Leistung P in kW
	c_t -Wert
	c_p -Wert

4.2 Berechnete Schalleistungspegel Betriebsmodus NR II s

Im Betriebsmodus NR II s wird die Windenergieanlage leistungsoptimiert betrieben. Der höchste zu erwartende Schalleistungspegel liegt bei 105,2 dB(A) im Bereich der Nennleistung. Alle angegebenen Schalleistungspegel gelten unter Berücksichtigung der in Kap. 2.2, S. 8 beschriebenen Unsicherheiten. Nach Erreichen der Nennleistung steigt der Schalleistungspegel nicht weiter an.

Tab. 9: Technische Daten

Parameter	Wert	Einheit
Nennleistung (P_n)	5270	kW
Nennwindgeschwindigkeit	14,0	m/s
minimale Betriebsdrehzahl		
■ E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01	4,4	U/min
■ E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01	4,4	U/min
■ E-160 EP5 E3-ST-99-FB-C-01	4,4	U/min
Solldrehzahl	9,1	U/min

Tab. 10: Berechneter Schalleistungspegel in dB(A) bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe	Schalleistungspegel in dB(A)		
	NH 99 m	NH 120 m	NH 166 m
3 m/s	94,4	94,6	95,1
3,5 m/s	96,5	97,0	97,8
4 m/s	99,1	99,6	100,4
4,5 m/s	101,4	102,0	102,8
5 m/s	103,6	104,0	104,6
5,5 m/s	104,9	105,1	105,2
6 m/s	105,2	105,2	105,2
6,5 m/s	105,2	105,2	105,2
7 m/s	105,2	105,2	105,2
7,5 m/s	105,2	105,2	105,2
8 m/s	105,2	105,2	105,2
8,5 m/s	105,2	105,2	105,2
9 m/s	105,2	105,2	105,2
9,5 m/s	105,2	105,2	105,2
10 m/s	105,2	105,2	105,2
10,5 m/s	105,2	105,2	105,2
11 m/s	105,2	105,2	105,2
11,5 m/s	105,2	105,2	105,2
12 m/s	105,2	105,2	105,2

v_s in 10 m Höhe	Schalleistungspegel in dB(A)		
	NH 99 m	NH 120 m	NH 166 m
95 % P_n	105,2	105,2	105,2

Tab. 11: Berechneter Schalleistungspegel in dB(A) bezogen auf die Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H	Schalleistungspegel in dB(A)
5 m/s	96,4
5,5 m/s	98,4
6 m/s	100,0
6,5 m/s	101,6
7 m/s	103,2
7,5 m/s	104,4
8 m/s	105,1
8,5 m/s	105,2
9 m/s	105,2
9,5 m/s	105,2
10 m/s	105,2
10,5 m/s	105,2
11 m/s	105,2
11,5 m/s	105,2
12 m/s	105,2
12,5 m/s	105,2
13 m/s	105,2
13,5 m/s	105,2
14 m/s	105,2
14,5 m/s	105,2
15 m/s	105,2

5 Betriebsmodus NR III s

5.1 Berechnete Leistungs-, c_p - und c_t -Werte Betriebsmodus NR III s

Tab. 12: Berechnete Leistungs-, c_p - und c_t -Werte E-160 EP5 E3 / 5560 kW Betriebsmodus NR III s

Windgeschwindigkeit v in m/s	Leistung P in kW	c_p -Wert	c_t -Wert
0,00	0	0,00	0,00
0,50	0	0,00	0,00
1,00	0	0,00	0,00
1,50	0	0,00	0,00
2,00	0	0,00	0,00
2,50	42	0,22	0,90
3,00	103	0,31	0,89
3,50	201	0,38	0,83
4,00	334	0,42	0,78
4,50	502	0,45	0,75
5,00	700	0,45	0,73
5,50	937	0,46	0,71
6,00	1212	0,46	0,70
6,50	1523	0,45	0,68
7,00	1859	0,44	0,66
7,50	2209	0,43	0,63
8,00	2561	0,41	0,59
8,50	2909	0,38	0,55
9,00	3249	0,36	0,51
9,50	3577	0,34	0,47
10,00	3888	0,32	0,43
10,50	4176	0,29	0,40
11,00	4429	0,27	0,37
11,50	4641	0,25	0,34
12,00	4808	0,23	0,30
12,50	4931	0,21	0,28
13,00	5016	0,19	0,25
13,50	5073	0,17	0,22
14,00	5100	0,15	0,20
14,50	5100	0,14	0,18

Windgeschwindigkeit v in m/s	Leistung P in kW	c _p -Wert	c _t -Wert
15,00	5100	0,12	0,16
15,50	5100	0,11	0,15
16,00	5100	0,10	0,14
16,50	5100	0,09	0,12
17,00	5100	0,08	0,11
17,50	5100	0,08	0,10
18,00	5100	0,07	0,10
18,50	5100	0,07	0,09
19,00	5100	0,06	0,08
19,50	5100	0,06	0,08
20,00	5100	0,05	0,07
20,50	5094	0,05	0,07
21,00	5033	0,04	0,06
21,50	4938	0,04	0,06
22,00	4799	0,04	0,05
22,50	4610	0,03	0,05
23,00	4370	0,03	0,04
23,50	4083	0,03	0,04
24,00	3755	0,02	0,04
24,50	3403	0,02	0,03
25,00	2739	0,01	0,02
25,50	2361	0,01	0,02
26,00	2012	0,01	0,02
26,50	1681	0,01	0,01
27,00	1378	0,01	0,01
27,50	1109	0,00	0,01
28,00	936	0,00	0,01

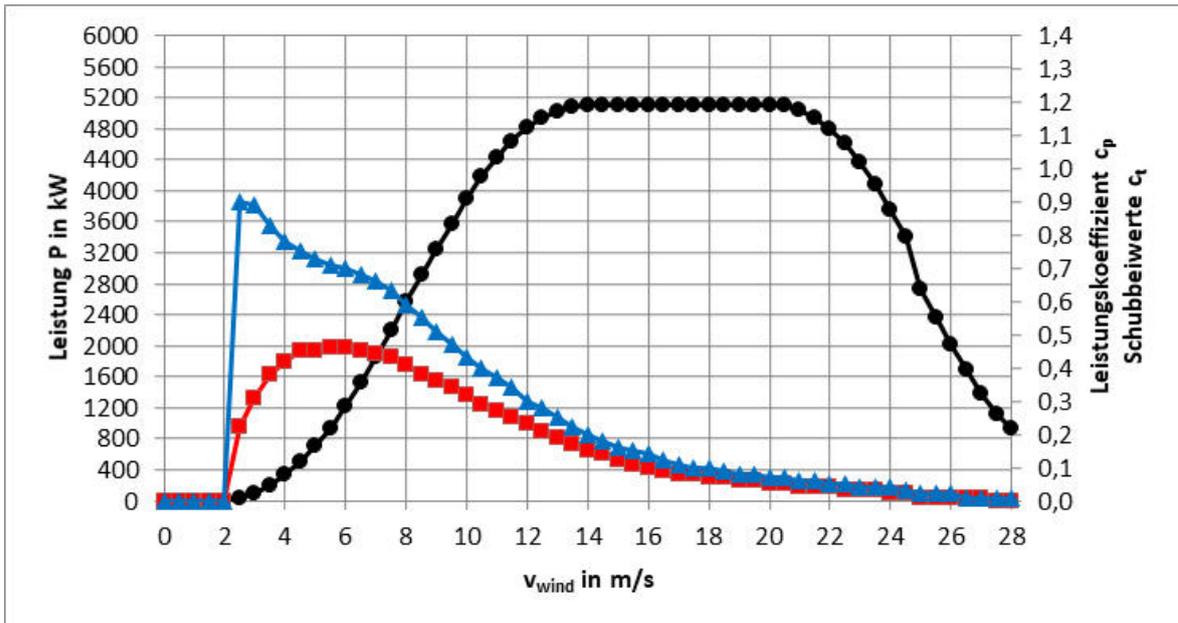


Abb. 3: Leistungs-, c_p - und c_t -Kennlinien E-160 EP5 E3 / 5560 kW Betriebsmodus NR III s

	Leistung P in kW
	c_t -Wert
	c_p -Wert

5.2 Berechnete Schalleistungspegel Betriebsmodus NR III s

Im Betriebsmodus NR III s wird die Windenergieanlage leistungsoptimiert betrieben. Der höchste zu erwartende Schalleistungspegel liegt bei 104,5 dB(A) im Bereich der Nennleistung. Alle angegebenen Schalleistungspegel gelten unter Berücksichtigung der in Kap. 2.2, S. 8 beschriebenen Unsicherheiten. Nach Erreichen der Nennleistung steigt der Schalleistungspegel nicht weiter an.

Tab. 13: Technische Daten

Parameter	Wert	Einheit
Nennleistung (P_n)	5100	kW
Nennwindgeschwindigkeit	14,0	m/s
minimale Betriebsdrehzahl		
■ E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01	4,4	U/min
■ E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01	4,4	U/min
■ E-160 EP5 E3-ST-99-FB-C-01	4,4	U/min
Solldrehzahl	8,8	U/min

Tab. 14: Berechneter Schalleistungspegel in dB(A) bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe	Schalleistungspegel in dB(A)		
	NH 99 m	NH 120 m	NH 166 m
3 m/s	94,2	94,4	94,9
3,5 m/s	96,4	96,9	97,7
4 m/s	99,0	99,5	100,3
4,5 m/s	101,3	101,8	102,7
5 m/s	103,4	103,9	104,4
5,5 m/s	104,5	104,5	104,5
6 m/s	104,5	104,5	104,5
6,5 m/s	104,5	104,5	104,5
7 m/s	104,5	104,5	104,5
7,5 m/s	104,5	104,5	104,5
8 m/s	104,5	104,5	104,5
8,5 m/s	104,5	104,5	104,5
9 m/s	104,5	104,5	104,5
9,5 m/s	104,5	104,5	104,5
10 m/s	104,5	104,5	104,5
10,5 m/s	104,5	104,5	104,5
11 m/s	104,5	104,5	104,5
11,5 m/s	104,5	104,5	104,5
12 m/s	104,5	104,5	104,5

v _s in 10 m Höhe	Schalleistungspegel in dB(A)		
	NH 99 m	NH 120 m	NH 166 m
95 % P _n	104,5	104,5	104,5

Tab. 15: Berechneter Schalleistungspegel in dB(A) bezogen auf die Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v _H	Schalleistungspegel in dB(A)
5 m/s	96,3
5,5 m/s	98,3
6 m/s	99,9
6,5 m/s	101,5
7 m/s	103,0
7,5 m/s	104,3
8 m/s	104,5
8,5 m/s	104,5
9 m/s	104,5
9,5 m/s	104,5
10 m/s	104,5
10,5 m/s	104,5
11 m/s	104,5
11,5 m/s	104,5
12 m/s	104,5
12,5 m/s	104,5
13 m/s	104,5
13,5 m/s	104,5
14 m/s	104,5
14,5 m/s	104,5
15 m/s	104,5

6 Betriebsmodus NR IV s

6.1 Berechnete Leistungs-, c_p - und c_t -Werte Betriebsmodus NR IV s

 Tab. 16: Berechnete Leistungs-, c_p - und c_t -Werte E-160 EP5 E3 / 5560 kW Betriebsmodus NR IV s

Windgeschwindigkeit v in m/s	Leistung P in kW	c_p -Wert	c_t -Wert
0,00	0	0,00	0,00
0,50	0	0,00	0,00
1,00	0	0,00	0,00
1,50	0	0,00	0,00
2,00	0	0,00	0,00
2,50	42	0,22	0,93
3,00	105	0,32	0,92
3,50	205	0,39	0,86
4,00	340	0,43	0,81
4,50	513	0,46	0,78
5,00	716	0,47	0,76
5,50	958	0,47	0,74
6,00	1234	0,46	0,72
6,50	1538	0,46	0,70
7,00	1858	0,44	0,66
7,50	2184	0,42	0,62
8,00	2509	0,40	0,57
8,50	2831	0,37	0,53
9,00	3147	0,35	0,48
9,50	3455	0,33	0,45
10,00	3750	0,31	0,41
10,50	4024	0,28	0,38
11,00	4267	0,26	0,35
11,50	4471	0,24	0,32
12,00	4633	0,22	0,29
12,50	4753	0,20	0,26
13,00	4838	0,18	0,24
13,50	4893	0,16	0,21
14,00	4920	0,15	0,19
14,50	4920	0,13	0,17

Windgeschwindigkeit v in m/s	Leistung P in kW	c _p -Wert	c _t -Wert
15,00	4920	0,12	0,16
15,50	4920	0,11	0,14
16,00	4920	0,10	0,13
16,50	4920	0,09	0,12
17,00	4920	0,08	0,11
17,50	4920	0,08	0,10
18,00	4920	0,07	0,09
18,50	4920	0,06	0,09
19,00	4920	0,06	0,08
19,50	4920	0,05	0,07
20,00	4920	0,05	0,07
20,50	4920	0,05	0,06
21,00	4904	0,04	0,06
21,50	4839	0,04	0,06
22,00	4738	0,04	0,05
22,50	4591	0,03	0,05
23,00	4396	0,03	0,04
23,50	4149	0,03	0,04
24,00	3856	0,02	0,04
24,50	3535	0,02	0,03
25,00	2879	0,02	0,03
25,50	2490	0,01	0,02
26,00	2130	0,01	0,02
26,50	1787	0,01	0,01
27,00	1471	0,01	0,01
27,50	1189	0,01	0,01
28,00	1005	0,00	0,01

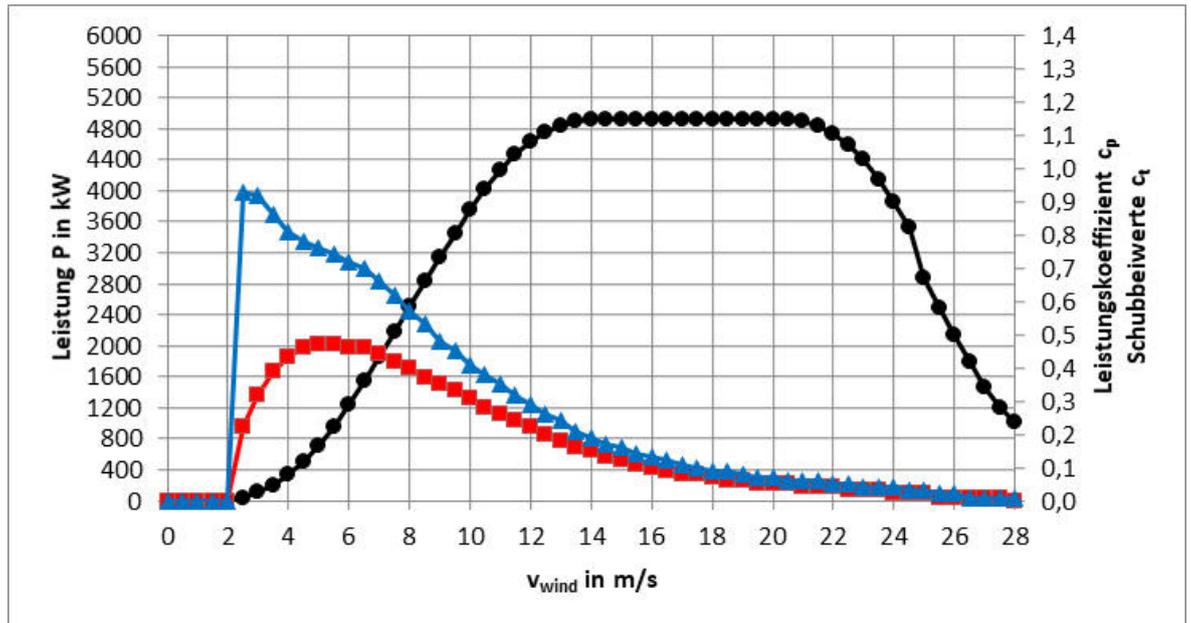


Abb. 4: Leistungs-, c_p - und c_t -Kennlinien E-160 EP5 E3 / 5560 kW Betriebsmodus NR IV s

	Leistung P in kW
	c_t -Wert
	c_p -Wert

6.2 Berechnete Schalleistungspegel Betriebsmodus NR IV s

Im Betriebsmodus NR IV s wird die Windenergieanlage leistungsoptimiert betrieben. Der höchste zu erwartende Schalleistungspegel liegt bei 103,7 dB(A) im Bereich der Nennleistung. Alle angegebenen Schalleistungspegel gelten unter Berücksichtigung der in Kap. 2.2, S. 8 beschriebenen Unsicherheiten. Nach Erreichen der Nennleistung steigt der Schalleistungspegel nicht weiter an.

Tab. 17: Technische Daten

Parameter	Wert	Einheit
Nennleistung (P_n)	4920	kW
Nennwindgeschwindigkeit	14,0	m/s
minimale Betriebsdrehzahl		
■ E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01	4,4	U/min
■ E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01	4,4	U/min
■ E-160 EP5 E3-ST-99-FB-C-01	4,4	U/min
Solldrehzahl	8,5	U/min

Tab. 18: Berechneter Schalleistungspegel in dB(A) bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe	Schalleistungspegel in dB(A)		
	NH 99 m	NH 120 m	NH 166 m
3 m/s	94,4	94,6	95,1
3,5 m/s	96,5	97,0	97,9
4 m/s	99,2	99,7	100,5
4,5 m/s	101,5	102,1	102,9
5 m/s	103,4	103,6	103,7
5,5 m/s	103,7	103,7	103,7
6 m/s	103,7	103,7	103,7
6,5 m/s	103,7	103,7	103,7
7 m/s	103,7	103,7	103,7
7,5 m/s	103,7	103,7	103,7
8 m/s	103,7	103,7	103,7
8,5 m/s	103,7	103,7	103,7
9 m/s	103,7	103,7	103,7
9,5 m/s	103,7	103,7	103,7
10 m/s	103,7	103,7	103,7
10,5 m/s	103,7	103,7	103,7
11 m/s	103,7	103,7	103,7
11,5 m/s	103,7	103,7	103,7
12 m/s	103,7	103,7	103,7

v_s in 10 m Höhe	Schalleistungspegel in dB(A)		
	NH 99 m	NH 120 m	NH 166 m
95 % P_n	103,7	103,7	103,7

Tab. 19: Berechneter Schalleistungspegel in dB(A) bezogen auf die Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H	Schalleistungspegel in dB(A)
5 m/s	96,4
5,5 m/s	98,5
6 m/s	100,1
6,5 m/s	101,7
7 m/s	103,3
7,5 m/s	103,7
8 m/s	103,7
8,5 m/s	103,7
9 m/s	103,7
9,5 m/s	103,7
10 m/s	103,7
10,5 m/s	103,7
11 m/s	103,7
11,5 m/s	103,7
12 m/s	103,7
12,5 m/s	103,7
13 m/s	103,7
13,5 m/s	103,7
14 m/s	103,7
14,5 m/s	103,7
15 m/s	103,7

7 Betriebsmodus NR V s

7.1 Berechnete Leistungs-, c_p - und c_t -Werte Betriebsmodus NR V s

Tab. 20: Berechnete Leistungs-, c_p - und c_t -Werte E-160 EP5 E3 / 5560 kW Betriebsmodus NR V s

Windgeschwindigkeit v in m/s	Leistung P in kW	c_p -Wert	c_t -Wert
0,00	0	0,00	0,00
0,50	0	0,00	0,00
1,00	0	0,00	0,00
1,50	0	0,00	0,00
2,00	0	0,00	0,00
2,50	42	0,22	0,93
3,00	105	0,32	0,92
3,50	205	0,39	0,86
4,00	340	0,43	0,81
4,50	512	0,46	0,78
5,00	715	0,46	0,76
5,50	955	0,47	0,74
6,00	1227	0,46	0,72
6,50	1522	0,45	0,69
7,00	1829	0,43	0,65
7,50	2136	0,41	0,60
8,00	2440	0,39	0,55
8,50	2737	0,36	0,51
9,00	3027	0,34	0,46
9,50	3309	0,31	0,42
10,00	3580	0,29	0,39
10,50	3834	0,27	0,36
11,00	4064	0,25	0,33
11,50	4263	0,23	0,30
12,00	4425	0,21	0,27
12,50	4550	0,19	0,25
13,00	4641	0,17	0,22
13,50	4703	0,16	0,20
14,00	4743	0,14	0,18
14,50	4750	0,13	0,17

Windgeschwindigkeit v in m/s	Leistung P in kW	c _p -Wert	c _t -Wert
15,00	4750	0,11	0,15
15,50	4750	0,10	0,14
16,00	4750	0,09	0,12
16,50	4750	0,09	0,11
17,00	4750	0,08	0,10
17,50	4750	0,07	0,10
18,00	4750	0,07	0,09
18,50	4750	0,06	0,08
19,00	4750	0,06	0,08
19,50	4750	0,05	0,07
20,00	4750	0,05	0,07
20,50	4750	0,05	0,06
21,00	4750	0,04	0,06
21,50	4724	0,04	0,05
22,00	4654	0,04	0,05
22,50	4546	0,03	0,05
23,00	4394	0,03	0,04
23,50	4192	0,03	0,04
24,00	3940	0,02	0,04
24,50	3658	0,02	0,03
25,00	3033	0,02	0,03
25,50	2643	0,01	0,02
26,00	2272	0,01	0,02
26,50	1918	0,01	0,02
27,00	1589	0,01	0,01
27,50	1292	0,01	0,01
28,00	1094	0,00	0,01

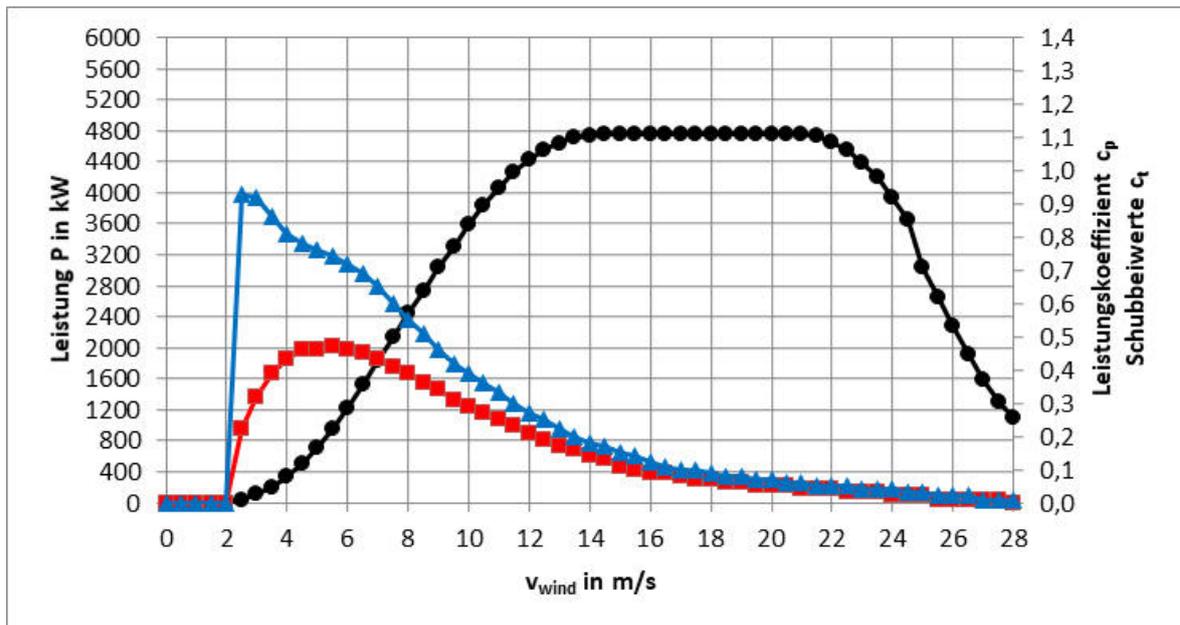


Abb. 5: Leistungs-, c_p - und c_t -Kennlinien E-160 EP5 E3 / 5560 kW Betriebsmodus NR V s

	Leistung P in kW
	c_t -Wert
	c_p -Wert

7.2 Berechnete Schalleistungspegel Betriebsmodus NR V s

Im Betriebsmodus NR V s wird die Windenergieanlage leistungsoptimiert betrieben. Der höchste zu erwartende Schalleistungspegel liegt bei 102,9 dB(A) im Bereich der Nennleistung. Alle angegebenen Schalleistungspegel gelten unter Berücksichtigung der in Kap. 2.2, S. 8 beschriebenen Unsicherheiten. Nach Erreichen der Nennleistung steigt der Schalleistungspegel nicht weiter an.

Tab. 21: Technische Daten

Parameter	Wert	Einheit
Nennleistung (P_n)	4750	kW
Nennwindgeschwindigkeit	14,5	m/s
minimale Betriebsdrehzahl		
■ E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01	4,4	U/min
■ E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01	4,4	U/min
■ E-160 EP5 E3-ST-99-FB-C-01	4,4	U/min
Solldrehzahl	8,2	U/min

Tab. 22: Berechneter Schalleistungspegel in dB(A) bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe	Schalleistungspegel in dB(A)		
	NH 99 m	NH 120 m	NH 166 m
3 m/s	94,4	94,6	95,1
3,5 m/s	96,5	97,0	97,9
4 m/s	99,2	99,7	100,5
4,5 m/s	101,5	102,0	102,6
5 m/s	102,9	102,9	102,9
5,5 m/s	102,9	102,9	102,9
6 m/s	102,9	102,9	102,9
6,5 m/s	102,9	102,9	102,9
7 m/s	102,9	102,9	102,9
7,5 m/s	102,9	102,9	102,9
8 m/s	102,9	102,9	102,9
8,5 m/s	102,9	102,9	102,9
9 m/s	102,9	102,9	102,9
9,5 m/s	102,9	102,9	102,9
10 m/s	102,9	102,9	102,9
10,5 m/s	102,9	102,9	102,9
11 m/s	102,9	102,9	102,9
11,5 m/s	102,9	102,9	102,9
12 m/s	102,9	102,9	102,9

v_s in 10 m Höhe	Schalleistungspegel in dB(A)		
	NH 99 m	NH 120 m	NH 166 m
95 % P_n	102,9	102,9	102,9

Tab. 23: Berechneter Schalleistungspegel in dB(A) bezogen auf die Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H	Schalleistungspegel in dB(A)
5 m/s	96,4
5,5 m/s	98,5
6 m/s	100,1
6,5 m/s	101,7
7 m/s	102,9
7,5 m/s	102,9
8 m/s	102,9
8,5 m/s	102,9
9 m/s	102,9
9,5 m/s	102,9
10 m/s	102,9
10,5 m/s	102,9
11 m/s	102,9
11,5 m/s	102,9
12 m/s	102,9
12,5 m/s	102,9
13 m/s	102,9
13,5 m/s	102,9
14 m/s	102,9
14,5 m/s	102,9
15 m/s	102,9

8 Betriebsmodus NR VI s

8.1 Berechnete Leistungs-, c_p - und c_t -Werte Betriebsmodus NR VI s

 Tab. 24: Berechnete Leistungs-, c_p - und c_t -Werte E-160 EP5 E3 / 5560 kW Betriebsmodus NR VI s

Windgeschwindigkeit v in m/s	Leistung P in kW	c_p -Wert	c_t -Wert
0,00	0	0,00	0,00
0,50	0	0,00	0,00
1,00	0	0,00	0,00
1,50	0	0,00	0,00
2,00	0	0,00	0,00
2,50	42	0,22	0,93
3,00	105	0,32	0,92
3,50	205	0,39	0,86
4,00	340	0,43	0,81
4,50	512	0,46	0,78
5,00	714	0,46	0,76
5,50	949	0,46	0,74
6,00	1211	0,46	0,71
6,50	1487	0,44	0,67
7,00	1767	0,42	0,62
7,50	2042	0,39	0,57
8,00	2309	0,37	0,51
8,50	2567	0,34	0,47
9,00	2818	0,31	0,42
9,50	3061	0,29	0,39
10,00	3299	0,27	0,35
10,50	3528	0,25	0,32
11,00	3744	0,23	0,30
11,50	3943	0,21	0,27
12,00	4117	0,19	0,25
12,50	4263	0,18	0,23
13,00	4378	0,16	0,21
13,50	4464	0,15	0,19
14,00	4524	0,13	0,17
14,50	4565	0,12	0,16

Windgeschwindigkeit v in m/s	Leistung P in kW	c _p -Wert	c _t -Wert
15,00	4580	0,11	0,14
15,50	4580	0,10	0,13
16,00	4580	0,09	0,12
16,50	4580	0,08	0,11
17,00	4580	0,08	0,10
17,50	4580	0,07	0,09
18,00	4580	0,06	0,09
18,50	4580	0,06	0,08
19,00	4580	0,05	0,07
19,50	4580	0,05	0,07
20,00	4580	0,05	0,06
20,50	4580	0,04	0,06
21,00	4580	0,04	0,06
21,50	4580	0,04	0,05
22,00	4542	0,04	0,05
22,50	4466	0,03	0,05
23,00	4354	0,03	0,04
23,50	4195	0,03	0,04
24,00	3987	0,02	0,04
24,50	3747	0,02	0,03
25,00	3179	0,02	0,03
25,50	2801	0,01	0,02
26,00	2430	0,01	0,02
26,50	2064	0,01	0,02
27,00	1722	0,01	0,01
27,50	1412	0,01	0,01
28,00	1199	0,00	0,01

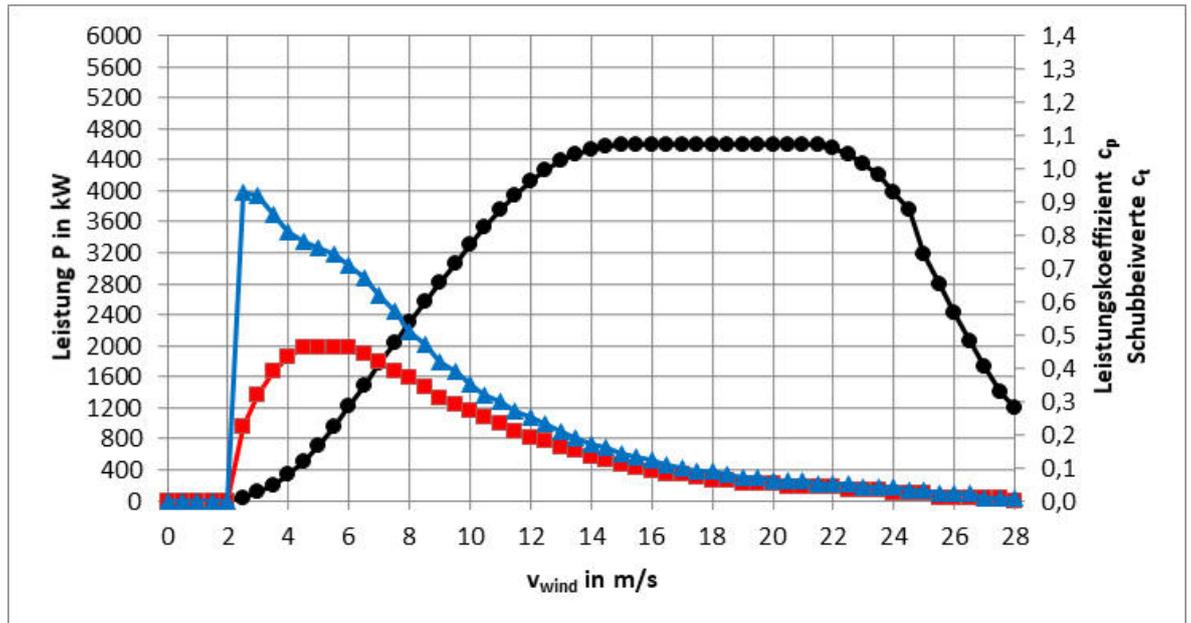


Abb. 6: Leistungs-, c_p - und c_t -Kennlinien E-160 EP5 E3 / 5560 kW Betriebsmodus NR VI s

	Leistung P in kW
	c_t -Wert
	c_p -Wert

8.2 Berechnete Schalleistungspegel Betriebsmodus NR VI s

Im Betriebsmodus NR VI s wird die Windenergieanlage leistungsoptimiert betrieben. Der höchste zu erwartende Schalleistungspegel liegt bei 102,0 dB(A) im Bereich der Nennleistung. Alle angegebenen Schalleistungspegel gelten unter Berücksichtigung der in Kap. 2.2, S. 8 beschriebenen Unsicherheiten. Nach Erreichen der Nennleistung steigt der Schalleistungspegel nicht weiter an.

Tab. 25: Technische Daten

Parameter	Wert	Einheit
Nennleistung (P_n)	4580	kW
Nennwindgeschwindigkeit	15,0	m/s
minimale Betriebsdrehzahl		
■ E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01	4,4	U/min
■ E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01	4,4	U/min
■ E-160 EP5 E3-ST-99-FB-C-01	4,4	U/min
Solldrehzahl	7,9	U/min

Tab. 26: Berechneter Schalleistungspegel in dB(A) bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe	Schalleistungspegel in dB(A)		
	NH 99 m	NH 120 m	NH 166 m
3 m/s	94,4	94,6	95,1
3,5 m/s	96,5	97,0	97,9
4 m/s	99,2	99,7	100,5
4,5 m/s	101,5	101,8	101,9
5 m/s	102,0	102,0	102,0
5,5 m/s	102,0	102,0	102,0
6 m/s	102,0	102,0	102,0
6,5 m/s	102,0	102,0	102,0
7 m/s	102,0	102,0	102,0
7,5 m/s	102,0	102,0	102,0
8 m/s	102,0	102,0	102,0
8,5 m/s	102,0	102,0	102,0
9 m/s	102,0	102,0	102,0
9,5 m/s	102,0	102,0	102,0
10 m/s	102,0	102,0	102,0
10,5 m/s	102,0	102,0	102,0
11 m/s	102,0	102,0	102,0
11,5 m/s	102,0	102,0	102,0
12 m/s	102,0	102,0	102,0

v_s in 10 m Höhe	Schalleistungspegel in dB(A)		
	NH 99 m	NH 120 m	NH 166 m
95 % P_n	102,0	102,0	102,0

Tab. 27: Berechneter Schalleistungspegel in dB(A) bezogen auf die Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H	Schalleistungspegel in dB(A)
5 m/s	96,4
5,5 m/s	98,5
6 m/s	100,1
6,5 m/s	101,7
7 m/s	102,0
7,5 m/s	102,0
8 m/s	102,0
8,5 m/s	102,0
9 m/s	102,0
9,5 m/s	102,0
10 m/s	102,0
10,5 m/s	102,0
11 m/s	102,0
11,5 m/s	102,0
12 m/s	102,0
12,5 m/s	102,0
13 m/s	102,0
13,5 m/s	102,0
14 m/s	102,0
14,5 m/s	102,0
15 m/s	102,0

9 Betriebsmodus NR VII s

9.1 Berechnete Leistungs-, c_p - und c_t -Werte Betriebsmodus NR VII s

Tab. 28: Berechnete Leistungs-, c_p - und c_t -Werte E-160 EP5 E3 / 5560 kW Betriebsmodus NR VII s

Windgeschwindigkeit v in m/s	Leistung P in kW	c_p -Wert	c_t -Wert
0,00	0	0,00	0,00
0,50	0	0,00	0,00
1,00	0	0,00	0,00
1,50	0	0,00	0,00
2,00	0	0,00	0,00
2,50	42	0,22	0,90
3,00	103	0,31	0,89
3,50	201	0,38	0,83
4,00	333	0,42	0,78
4,50	499	0,45	0,75
5,00	691	0,45	0,72
5,50	911	0,45	0,69
6,00	1153	0,43	0,65
6,50	1406	0,42	0,61
7,00	1662	0,39	0,57
7,50	1913	0,37	0,52
8,00	2157	0,34	0,48
8,50	2393	0,32	0,43
9,00	2623	0,29	0,39
9,50	2847	0,27	0,36
10,00	3068	0,25	0,33
10,50	3283	0,23	0,31
11,00	3490	0,21	0,28
11,50	3685	0,20	0,26
12,00	3861	0,18	0,24
12,50	4014	0,17	0,22
13,00	4140	0,15	0,20
13,50	4238	0,14	0,19
14,00	4310	0,13	0,17
14,50	4361	0,12	0,16

Windgeschwindigkeit v in m/s	Leistung P in kW	c _p -Wert	c _t -Wert
15,00	4395	0,11	0,14
15,50	4400	0,10	0,13
16,00	4400	0,09	0,12
16,50	4400	0,08	0,11
17,00	4400	0,07	0,10
17,50	4400	0,07	0,09
18,00	4400	0,06	0,09
18,50	4400	0,06	0,08
19,00	4400	0,05	0,07
19,50	4400	0,05	0,07
20,00	4400	0,05	0,06
20,50	4400	0,04	0,06
21,00	4400	0,04	0,06
21,50	4400	0,04	0,05
22,00	4366	0,03	0,05
22,50	4294	0,03	0,05
23,00	4187	0,03	0,04
23,50	4036	0,03	0,04
24,00	3837	0,02	0,04
24,50	3608	0,02	0,03
25,00	3064	0,02	0,03
25,50	2703	0,01	0,02
26,00	2347	0,01	0,02
26,50	1995	0,01	0,02
27,00	1665	0,01	0,01
27,50	1365	0,01	0,01
28,00	1162	0,00	0,01

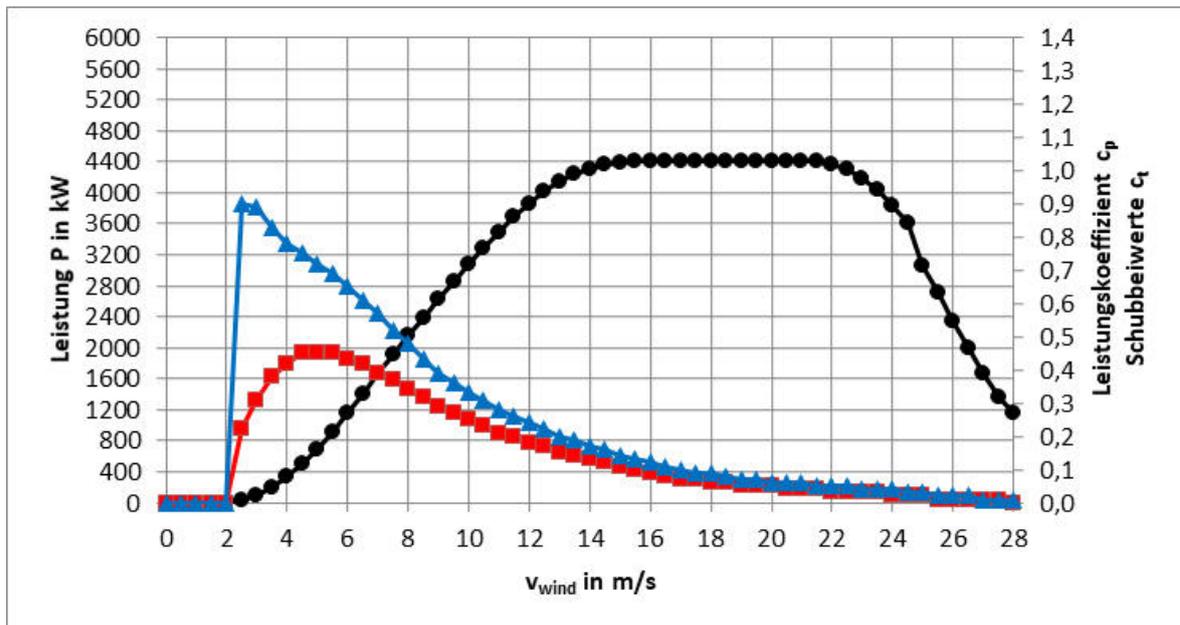


Abb. 7: Leistungs-, c_p - und c_t -Kennlinien E-160 EP5 E3 / 5560 kW Betriebsmodus NR VII s

	Leistung P in kW
	c_t -Wert
	c_p -Wert

9.2 Berechnete Schalleistungspegel Betriebsmodus NR VII s

Im Betriebsmodus NR VII s wird die Windenergieanlage leistungsoptimiert betrieben. Der höchste zu erwartende Schalleistungspegel liegt bei 101,1 dB(A) im Bereich der Nennleistung. Alle angegebenen Schalleistungspegel gelten unter Berücksichtigung der in Kap. 2.2, S. 8 beschriebenen Unsicherheiten. Nach Erreichen der Nennleistung steigt der Schalleistungspegel nicht weiter an.

Tab. 29: Technische Daten

Parameter	Wert	Einheit
Nennleistung (P_n)	4400	kW
Nennwindgeschwindigkeit	15,5	m/s
minimale Betriebsdrehzahl		
■ E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01	4,4	U/min
■ E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01	4,4	U/min
■ E-160 EP5 E3-ST-99-FB-C-01	4,4	U/min
Solldrehzahl	7,6	U/min

Tab. 30: Berechneter Schalleistungspegel in dB(A) bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe	Schalleistungspegel in dB(A)		
	NH 99 m	NH 120 m	NH 166 m
3 m/s	94,2	94,4	94,9
3,5 m/s	96,4	96,8	97,7
4 m/s	98,9	99,3	100,0
4,5 m/s	100,8	100,9	101,1
5 m/s	101,1	101,1	101,1
5,5 m/s	101,1	101,1	101,1
6 m/s	101,1	101,1	101,1
6,5 m/s	101,1	101,1	101,1
7 m/s	101,1	101,1	101,1
7,5 m/s	101,1	101,1	101,1
8 m/s	101,1	101,1	101,1
8,5 m/s	101,1	101,1	101,1
9 m/s	101,1	101,1	101,1
9,5 m/s	101,1	101,1	101,1
10 m/s	101,1	101,1	101,1
10,5 m/s	101,1	101,1	101,1
11 m/s	101,1	101,1	101,1
11,5 m/s	101,1	101,1	101,1
12 m/s	101,1	101,1	101,1

v_s in 10 m Höhe	Schalleistungspegel in dB(A)		
	NH 99 m	NH 120 m	NH 166 m
95 % P_n	101,1	101,1	101,1

Tab. 31: Berechneter Schalleistungspegel in dB(A) bezogen auf die Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H	Schalleistungspegel in dB(A)
5 m/s	96,3
5,5 m/s	98,2
6 m/s	99,7
6,5 m/s	100,9
7 m/s	101,1
7,5 m/s	101,1
8 m/s	101,1
8,5 m/s	101,1
9 m/s	101,1
9,5 m/s	101,1
10 m/s	101,1
10,5 m/s	101,1
11 m/s	101,1
11,5 m/s	101,1
12 m/s	101,1
12,5 m/s	101,1
13 m/s	101,1
13,5 m/s	101,1
14 m/s	101,1
14,5 m/s	101,1
15 m/s	101,1

10 Betriebsmodus NR VIII s

10.1 Berechnete Leistungs-, c_p - und c_t -Werte Betriebsmodus NR VIII s

 Tab. 32: Berechnete Leistungs-, c_p - und c_t -Werte E-160 EP5 E3 / 5560 kW Betriebsmodus NR VIII s

Windgeschwindigkeit v in m/s	Leistung P in kW	c_p -Wert	c_t -Wert
0,00	0	0,00	0,00
0,50	0	0,00	0,00
1,00	0	0,00	0,00
1,50	0	0,00	0,00
2,00	0	0,00	0,00
2,50	32	0,17	0,67
3,00	100	0,30	0,80
3,50	199	0,38	0,81
4,00	316	0,40	0,74
4,50	441	0,39	0,66
5,00	565	0,37	0,58
5,50	686	0,34	0,50
6,00	803	0,30	0,43
6,50	916	0,27	0,37
7,00	1028	0,24	0,33
7,50	1138	0,22	0,29
8,00	1249	0,20	0,26
8,50	1359	0,18	0,23
9,00	1470	0,16	0,21
9,50	1579	0,15	0,19
10,00	1688	0,14	0,18
10,50	1793	0,13	0,16
11,00	1891	0,12	0,15
11,50	1981	0,11	0,14
12,00	2059	0,10	0,13
12,50	2122	0,09	0,12
13,00	2171	0,08	0,11
13,50	2207	0,07	0,10
14,00	2231	0,07	0,09
14,50	2247	0,06	0,08

Windgeschwindigkeit v in m/s	Leistung P in kW	c_p -Wert	c_t -Wert
15,00	2250	0,05	0,07
15,50	2250	0,05	0,07
16,00	2250	0,05	0,06
16,50	2250	0,04	0,06
17,00	2250	0,04	0,05
17,50	2250	0,03	0,05
18,00	2250	0,03	0,05
18,50	2250	0,03	0,04
19,00	2250	0,03	0,04
19,50	2250	0,03	0,04
20,00	2250	0,02	0,03
20,50	2250	0,02	0,03
21,00	2250	0,02	0,03
21,50	2250	0,02	0,03
22,00	2250	0,02	0,03
22,50	2250	0,02	0,03
23,00	2247	0,02	0,02
23,50	2220	0,01	0,02
24,00	2175	0,01	0,02
24,50	2102	0,01	0,02
25,00	1915	0,01	0,02
25,50	1901	0,01	0,02
26,00	1714	0,01	0,01
26,50	1497	0,01	0,01
27,00	1269	0,01	0,01
27,50	1049	0,00	0,01
28,00	1041	0,00	0,01

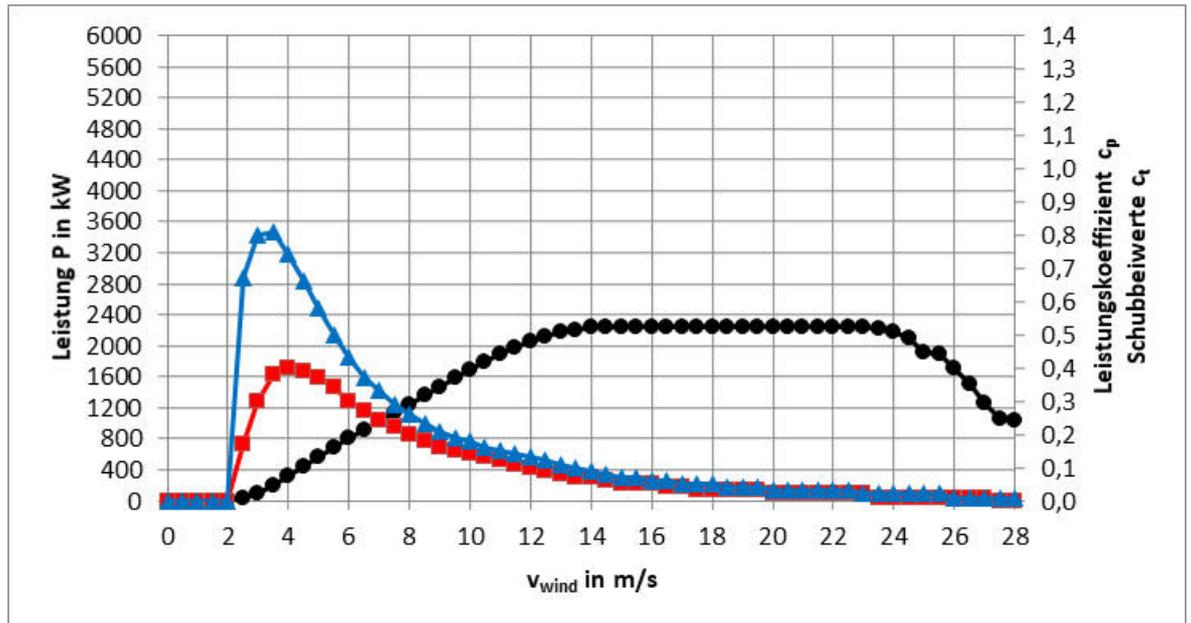


Abb. 8: Leistungs-, c_p - und c_t -Kennlinien E-160 EP5 E3 / 5560 kW Betriebsmodus NR VIII s

	Leistung P in kW
	c_t -Wert
	c_p -Wert

10.2 Berechnete Schalleistungspegel Betriebsmodus NR VIII s

Im Betriebsmodus NR VIII s wird die Windenergieanlage leistungsoptimiert betrieben. Der höchste zu erwartende Schalleistungspegel liegt bei 98,0 dB(A) im Bereich der Nennleistung. Alle angegebenen Schalleistungspegel gelten unter Berücksichtigung der in Kap. 2.2, S. 8 beschriebenen Unsicherheiten. Nach Erreichen der Nennleistung steigt der Schalleistungspegel nicht weiter an.

Tab. 33: Technische Daten

Parameter	Wert	Einheit
Nennleistung (P_n)	2250	kW
Nennwindgeschwindigkeit	15,0	m/s
minimale Betriebsdrehzahl		
■ E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01	4,4	U/min
■ E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01	4,4	U/min
■ E-160 EP5 E3-ST-99-FB-C-01	4,4	U/min
Solldrehzahl	5,7	U/min

Tab. 34: Berechneter Schalleistungspegel in dB(A) bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe	Schalleistungspegel in dB(A)		
	NH 99 m	NH 120 m	NH 166 m
3 m/s	96,8	97,4	97,8
3,5 m/s	97,9	97,9	98,0
4 m/s	98,0	98,0	98,0
4,5 m/s	98,0	98,0	98,0
5 m/s	98,0	98,0	98,0
5,5 m/s	98,0	98,0	98,0
6 m/s	98,0	98,0	98,0
6,5 m/s	98,0	98,0	98,0
7 m/s	98,0	98,0	98,0
7,5 m/s	98,0	98,0	98,0
8 m/s	98,0	98,0	98,0
8,5 m/s	98,0	98,0	98,0
9 m/s	98,0	98,0	98,0
9,5 m/s	98,0	98,0	98,0
10 m/s	98,0	98,0	98,0
10,5 m/s	98,0	98,0	98,0
11 m/s	98,0	98,0	98,0
11,5 m/s	98,0	98,0	98,0
12 m/s	98,0	98,0	98,0

v_s in 10 m Höhe	Schalleistungspegel in dB(A)		
	NH 99 m	NH 120 m	NH 166 m
95 % P_n	98,0	98,0	98,0

Tab. 35: Berechneter Schalleistungspegel in dB(A) bezogen auf die Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v_H	Schalleistungspegel in dB(A)
5 m/s	97,9
5,5 m/s	98,0
6 m/s	98,0
6,5 m/s	98,0
7 m/s	98,0
7,5 m/s	98,0
8 m/s	98,0
8,5 m/s	98,0
9 m/s	98,0
9,5 m/s	98,0
10 m/s	98,0
10,5 m/s	98,0
11 m/s	98,0
11,5 m/s	98,0
12 m/s	98,0
12,5 m/s	98,0
13 m/s	98,0
13,5 m/s	98,0
14 m/s	98,0
14,5 m/s	98,0
15 m/s	98,0

11 Betriebsmodus NR IX s

11.1 Berechnete Leistungs-, c_p - und c_t -Werte Betriebsmodus NR IX s

Tab. 36: Berechnete Leistungs-, c_p - und c_t -Werte E-160 EP5 E3 / 5560 kW Betriebsmodus NR IX s

Windgeschwindigkeit v in m/s	Leistung P in kW	c_p -Wert	c_t -Wert
0,00	0	0,00	0,00
0,50	0	0,00	0,00
1,00	0	0,00	0,00
1,50	0	0,00	0,00
2,00	0	0,00	0,00
2,50	27	0,14	0,74
3,00	93	0,28	0,89
3,50	180	0,34	0,83
4,00	254	0,32	0,69
4,50	303	0,27	0,53
5,00	334	0,22	0,40
5,50	350	0,17	0,30
6,00	357	0,13	0,23
6,50	359	0,11	0,18
7,00	360	0,09	0,14
7,50	360	0,07	0,12
8,00	360	0,06	0,10
8,50	360	0,05	0,08
9,00	360	0,04	0,07
9,50	360	0,03	0,06
10,00	360	0,03	0,05
10,50	360	0,03	0,05
11,00	360	0,02	0,04
11,50	360	0,02	0,04
12,00	360	0,02	0,03
12,50	360	0,02	0,03
13,00	360	0,01	0,03
13,50	360	0,01	0,03
14,00	360	0,01	0,02
14,50	360	0,01	0,02

Windgeschwindigkeit v in m/s	Leistung P in kW	c _p -Wert	c _t -Wert
15,00	360	0,01	0,02
15,50	360	0,01	0,02
16,00	360	0,01	0,02
16,50	360	0,01	0,02
17,00	360	0,01	0,02
17,50	360	0,01	0,02
18,00	360	0,01	0,02
18,50	360	0,01	0,01
19,00	360	0,00	0,01
19,50	360	0,00	0,01
20,00	360	0,00	0,01
20,50	360	0,00	0,01
21,00	360	0,00	0,01
21,50	360	0,00	0,01
22,00	360	0,00	0,01
22,50	359	0,00	0,01
23,00	356	0,00	0,01
23,50	352	0,00	0,01
24,00	345	0,00	0,01
24,50	333	0,00	0,01
25,00	304	0,00	0,01
25,50	301	0,00	0,01
26,00	272	0,00	0,01
26,50	237	0,00	0,01
27,00	201	0,00	0,00
27,50	166	0,00	0,00
28,00	165	0,00	0,00

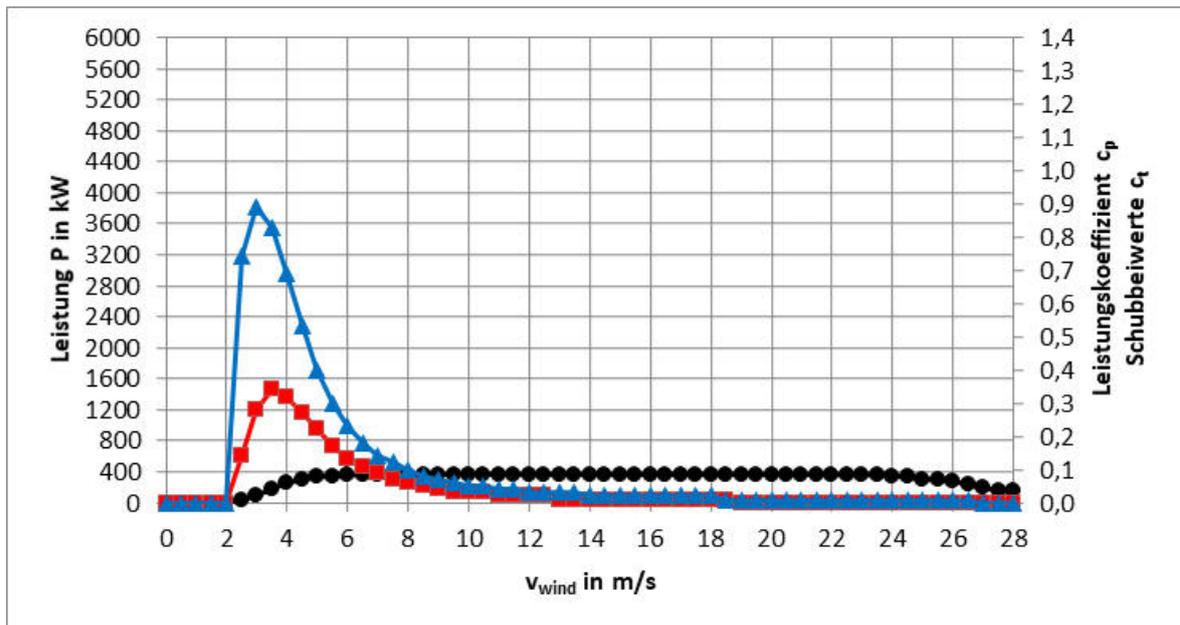


Abb. 9: Leistungs-, c_p - und c_t -Kennlinien E-160 EP5 E3 / 5560 kW Betriebsmodus NR IX s

	Leistung P in kW
	c_t -Wert
	c_p -Wert

11.2 Berechnete Schalleistungspegel Betriebsmodus NR IX s

Im Betriebsmodus NR IX s wird die Windenergieanlage leistungsoptimiert betrieben. Der höchste zu erwartende Schalleistungspegel liegt bei 94,5 dB(A) im Bereich der Nennleistung. Alle angegebenen Schalleistungspegel gelten unter Berücksichtigung der in Kap. 2.2, S. 8 beschriebenen Unsicherheiten. Nach Erreichen der Nennleistung steigt der Schalleistungspegel nicht weiter an.

Tab. 37: Technische Daten

Parameter	Wert	Einheit
Nennleistung (P_n)	360	kW
Nennwindgeschwindigkeit	7,0	m/s
minimale Betriebsdrehzahl		
■ E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01	4,4	U/min
■ E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01	4,4	U/min
■ E-160 EP5 E3-ST-99-FB-C-01	4,4	U/min
Solldrehzahl	5,6	U/min

Tab. 38: Berechneter Schalleistungspegel in dB(A) bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe

v_s in 10 m Höhe	Schalleistungspegel in dB(A)		
	NH 99 m	NH 120 m	NH 166 m
3 m/s	94,3	94,4	94,5
3,5 m/s	94,5	94,5	94,5
4 m/s	94,5	94,5	94,5
4,5 m/s	94,5	94,5	94,5
5 m/s	94,5	94,5	94,5
5,5 m/s	94,5	94,5	94,5
6 m/s	94,5	94,5	94,5
6,5 m/s	94,5	94,5	94,5
7 m/s	94,5	94,5	94,5
7,5 m/s	94,5	94,5	94,5
8 m/s	94,5	94,5	94,5
8,5 m/s	94,5	94,5	94,5
9 m/s	94,5	94,5	94,5
9,5 m/s	94,5	94,5	94,5
10 m/s	94,5	94,5	94,5
10,5 m/s	94,5	94,5	94,5
11 m/s	94,5	94,5	94,5
11,5 m/s	94,5	94,5	94,5
12 m/s	94,5	94,5	94,5

v _s in 10 m Höhe	Schalleistungspegel in dB(A)		
	NH 99 m	NH 120 m	NH 166 m
95 % P _n	94,5	94,5	94,5

Tab. 39: Berechneter Schalleistungspegel in dB(A) bezogen auf die Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H

v _H	Schalleistungspegel in dB(A)
5 m/s	94,5
5,5 m/s	94,5
6 m/s	94,5
6,5 m/s	94,5
7 m/s	94,5
7,5 m/s	94,5
8 m/s	94,5
8,5 m/s	94,5
9 m/s	94,5
9,5 m/s	94,5
10 m/s	94,5
10,5 m/s	94,5
11 m/s	94,5
11,5 m/s	94,5
12 m/s	94,5
12,5 m/s	94,5
13 m/s	94,5
13,5 m/s	94,5
14 m/s	94,5
14,5 m/s	94,5
15 m/s	94,5