# Technische Beschreibung

## ENERCON Windenergieanlagen
## Eigenbedarf

ENERCON
ENERGIE FÜR DIE WELT

**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: Hans-Dieter Kettwig, Nicole Fritsch-Nehring
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** | D0215274-5 |
| **Vermerk** | Originaldokument |

| Datum | Sprache | DCC | Werk / Abteilung |
|---|---|---|---|
| 2016-07-05 | de | DA | WRD GmbH / Validierung |

# Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung ..... 4

2 Verbraucher ..... 5

3 Betriebspunkte ..... 6

4 Szenarien ..... 7

5 Ergebnisse ..... 8

# 1 Einleitung

ENERCON Windenergieanlagen (WEA) beziehen im Stillstand wie auch im Trudelbetrieb Wirkleistung aus dem Versorgungsnetz, um die Funktionalität der Steuerung und der Hilfsantriebe aufrecht zu erhalten. Bestimmte Umgebungsbedingungen wie z. B. Windgeschwindigkeit, Windrichtungsänderungen, Umgebungstemperatur oder Luftfeuchtigkeit können Einfluss auf die Höhe des Leistungsbezugs haben. Erzeugt die Windenergieanlage Wirkleistung, dann wird der Eigenbedarf von der Anlage selbst gedeckt.

In diesem Dokument wird der Eigenbedarf ausgewählter ENERCON Windenergieanlagen im Stillstand wie auch im Trudelbetrieb dargestellt. Bei den angegebenen Werten handelt es sich um Abschätzungen, die unter Berücksichtigung bestimmter Betriebsbedingungen der Windenergieanlage ermittelt wurden. Grundlage für die Abschätzungen sind Messungen an den jeweiligen Windenergieanlagentypen mit unterschiedlichen elektrischen Konfigurationen und verschiedenen Varianten des Kühl- und Heizsystems.

# 2 Verbraucher

Auch wenn die Windenergieanlage keine Wirkleistung erzeugt, sind einzelne Systeme aktiv und müssen mit elektrischer Energie versorgt werden. Folgende Systeme und Verbraucher verursachen einen signifikanten Teil des Eigenbedarfs der Windenergieanlage:

Tab. 1: Relevante Verbraucher

| System | Verbraucher |
|---|---|
| Grundverbrauch | Steuerungsplatinen |
| Windnachführung | Azimutmotoren |
| | Blattverstellmotoren |
| Kühlsystem | Turmlüfter |
| | Gondellüfter |
| | Lüfter-Umrichterschrank |
| | Flüssigkeitskühlung mit Pumpenmodul und Passivkühler (modellspezifisch) |
| Heizsystem | Generatortrocknung |
| | Heizung |
| | Heizkörper-Umrichterschränke |
| Blattheizung (projektspezifisch) | Heizregister |
| | Radialventilator |

Tab. 2: Relevante Verluste

| System | Verluste |
|---|---|
| STATCOM | Schaltverluste der Umrichter |

### Elektrische Konfiguration

Die Messungen haben gezeigt, dass der Unterschied zwischen den elektrischen Konfigurationen (FD, FT, FTQ) keinen signifikanten Einfluss auf den Eigenbedarf der WEA hat. Daher wird die elektrische Konfiguration nicht berücksichtigt.

# 3 Betriebspunkte

Für die Ermittlung des Eigenbedarfs werden verschiedene Betriebspunkte berücksichtigt.

### WEA Standby

Bei Windmangel oder z. B. einem Regelsignal durch den Netzbetrieber produziert die WEA, trotz vorhandener Netzversorgung, keine elektrische Energie.

Aktive Systeme sind die Windnachführung, nach Bedarf die Kabelentdrillung, und, je nach Umgebungs- und Betriebsbedingungen, das Kühl- oder das Heizsystem.

### WEA mit STATCOM

Die WEA produziert keine Wirkleistung aus Gründen wie z. B. Windmangel, Regelsignal durch den Netzbetreiber. Trotzdem wird Blindleistung für Spannungsregelungszwecke zur Verfügung gestellt. Für die Ermittlung des Eigenbedarfs wird die maximale Blindleistungsbereitstellung im "Absorption"-Betrieb (Import von Blindleistung) betrachtet.

### WEA nach Netzausfall

Bei dem Wiedereinschalten einer WEA nach galvanischer Trennung vom Netz können mehrere große Verbraucher gleichzeitig eingeschaltet werden, wie z. B. Generatortrocknung, Heizsystem, Windnachführung oder das Kühlsystem.

# 4 Szenarien

Um einen möglichst breiten Betriebsbereich abzudecken, werden bestimmte Szenarien untersucht.

### Sommer

Im Sommer sind neben der Versorgung der Steuerung zeitweise die Windnachführung sowie die Kühlsysteme der WEA aktiv.

### Winter

Im Winter sind besonders bei längeren Standzeiten der WEA neben der Versorgung der Steuerung auch die Heizsysteme und die Windnachführung aktiv.

Um zu den jeweiligen Betriebspunkten eine Aussage zum Eigenverbrauch machen zu können, sind in den folgenden zwei Tabellen die relevanten Verbraucher zugeordnet.

Tab. 3: Verbraucher/Verluste im Sommer

| Verbraucher/Verluste | WEA Standby | WEA mit STATCOM | WEA nach Netzausfall |
|---|---|---|---|
| Grundverbrauch | x | x | x |
| Windnachführung | x | x | x |
| Kühlsystem | x | x | x |
| Heizsystem | | | |
| STATCOM | | x | |

Tab. 4: Verbraucher/Verluste im Winter

| Verbraucher/Verluste | WEA Standby | WEA mit STATCOM | WEA nach Netzausfall |
|---|---|---|---|
| Grundverbrauch | x | x | x |
| Windnachführung | x | x | x |
| Kühlsystem | | x | x |
| Heizsystem | x | | x |
| STATCOM | | x | |

# 5 Ergebnisse

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Ermittlung des Eigenbedarfs von ENERCON Windenergieanlagen im Stillstand wie auch im Trudelbetrieb als Maximalwert und als 15-Minuten-Mittelwert dargestellt. Dabei werden sowohl die in Kap. 3, S. 6 dargestellten Betriebspunkte, als auch die unter Kap. 4, S. 7 aufgeführten Szenarien berücksichtigt.

Die nachfolgenden Werte können bei einer WEA mit gleicher Bezeichnung aber reduzierter Nennleistung geringer sein.

### Maximalwerte (Max.)

Bei den Maximalwerten handelt es sich um eine Addition der einzelnen Leistungen, die beim Betrieb der einzelnen Systeme gemessen wurden.

### 15-Minuten-Mittelwerte (15-Min.)

Bei den 15-Minuten-Mittelwerten handelt es sich um Werte, die unter Berücksichtigung von gewissen Einschaltzyklen der Hilfsaggregate über eine Periode von 15 Minuten entstanden sind.

Tab. 5: Eigenbedarf der WEA im Sommer

| WEA-Typ | WEA Standby | | WEA mit STATCOM | | WEA nach Netz-ausfall | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Max. (in kW) | 15-Min. (in kW) | Max. (in kW) | 15-Min. (in kW) | Max. (in kW) | 15-Min. (in kW) |
| E-44 (900 kW) | 14 | 2 | 23 | 16 | 16 | 3 |
| E-48 (800 kW) | 14 | 2 | 23 | 16 | 16 | 3 |
| E-53 (800 kW) | 14 | 2 | 23 | 16 | 16 | 3 |
| E-70 E4 (2300 kW) | 48 | 9 | 85 | 64 | 53 | 7 |
| E-82 E2 (2000 kW) | 41 | 8 | 78 | 61 | 46 | 7 |
| E-82 E2 (2300 kW) | 48 | 9 | 85 | 64 | 53 | 7 |
| E-82 E4 (2350 kW) | 52 | 10 | 117 | 95 | 57 | 7 |
| E-82 E4 (3000 kW) | 55 | 10 | 120 | 95 | 60 | 7 |
| E-92 (2000 kW) | 51 | 9 | 86 | 63 | 67 | 14 |
| E-92 (2350 kW) | 52 | 9 | 87 | 63 | 68 | 14 |
| E-101 (3050 kW) | 62 | 11 | 130 | 96 | 77 | 15 |
| E-101 E2 (3500 kW)[1] | 64 | 11 | 132 | 96 | 79 | 15 |
| E-103 EP2 (2350 kW)[1] | 52 | 9 | 87 | 63 | 68 | 14 |
| E-115 (3000 kW) | 62 | 11 | 130 | 96 | 85 | 19 |
| E-115 E2 (3200 kW)[1] | 62 | 11 | 130 | 96 | 85 | 19 |
| E-126 (7580 kW) | 162 | 30 | 260 | 204 | 203 | 34 |
| E-126 EP4 (4200 kW)[1] | 104 | 20 | 200 | 128 | 168 | 34 |
| E-141 EP4 (4200 kW)[1] | 104 | 20 | 200 | 128 | 168 | 34 |

[1] vorläufige Daten

Tab. 6: Eigenbedarf der WEA im Winter

| WEA-Typ | WEA Standby | | WEA mit STATCOM | | WEA nach Netz-ausfall | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Max. (in kW) | 15-Min. (in kW) | Max. (in kW) | 15-Min. (in kW) | Max. (in kW) | 15-Min. (in kW) |
| E-44 (900 kW) | 13 | 9 | 23 | 16 | 19 | 11 |
| E-48 (800 kW) | 13 | 9 | 23 | 16 | 19 | 11 |
| E-53 (800 kW) | 13 | 9 | 23 | 16 | 19 | 11 |
| E-70 E4 (2300 kW) | 25 | 19 | 85 | 60 | 37 | 24 |
| E-82 E2 (2000 kW) | 25 | 19 | 78 | 60 | 37 | 24 |
| E-82 E2 (2300 kW) | 25 | 19 | 85 | 60 | 37 | 24 |
| E-82 E4 (2350 kW) | 28 | 17 | 115 | 89 | 36 | 23 |
| E-82 E4 (3000 kW) | 32 | 19 | 118 | 91 | 40 | 25 |
| E-92 (2000 kW) | 28 | 18 | 72 | 59 | 50 | 28 |
| E-92 (2350 kW) | 29 | 19 | 73 | 60 | 51 | 29 |
| E-101 (3050 kW) | 50 | 32 | 130 | 91 | 67 | 41 |
| E-101 E2 (3500 kW)[1] | 53 | 34 | 133 | 93 | 70 | 42 |
| E-103 EP2 (2350 kW)[1] | 29 | 19 | 73 | 60 | 51 | 29 |
| E-115 (3000 kW) | 52 | 31 | 130 | 92 | 75 | 46 |
| E-115 E2 (3200 kW)[1] | 52 | 31 | 130 | 92 | 75 | 46 |
| E-126 (7580 kW) | 87 | 67 | 260 | 198 | 154 | 96 |
| E-126 EP4 (4200 kW)[1] | 69 | 36 | 177 | 122 | 110 | 61 |
| E-141 EP4 (4200 kW)[1] | 69 | 36 | 177 | 122 | 110 | 61 |

[1] vorläufige Daten

### Blattheizung

In der nachfolgenden Tabelle ist der maximale Leistungsbezug der Blattheizung für die Windenergieanlagen aufgelistet.

Wenn die Blattheizung aktiv ist, beträgt die Heizdauer üblicherweise mehrere Stunden. Aus diesem Grund können die Werte der Blattheizung zu den Ergebnissen in den Spalten *WEA Standby* und *WEA mit STATCOM* in der Tabelle Tab. 6, S. 10 dazu addiert werden.

Eine Begrenzung der Leistungsaufnahme auf einen geringeren Wert ist möglich. Hierzu müssen entsprechende Einstellungen an der Steuerung der WEA vorgenommen werden. Eine Verringerung der Leistungsaufnahme führt jedoch auch zu einer Verringerung der Effektivität der Blattheizung.

Tab. 7: Nennleistung Blattheizung

| WEA-Typ | Nennleistung Blattheizung (Blattheizungsmodul je Blatt) (in kW) |
|---|---|
| E-44 (900 kW) | 15,2 |
| E-48 (800 kW) | 15,2 |
| E-53 (800 kW) | 15,2 |
| E-70 (2300 KW) | 22,7 |
| E-82 E2 (2000 kW) | 29,0 |
| E-82 E2 (2300 kW) | 29,0 |
| E-82 E4 (2350 kW) | 29,0 |
| E-82 E4 (3000 kW) | 29,0 |
| E-92 (2000 kW) | 43 |
| E-92 (2350 kW) | 43 |
| E-101 (3050 kW) | 80,5 |
| E-101 E2 (3500 kW)[(1)] | 80,5 |
| E-103 EP2 (2350 kW)[(1)] | 55,5 |
| E-115 (3000 kW) | 80,5 |
| E-115 E2 (3200 kW)[(1)] | 80,5 |
| E-126 (7580 kW) | 178,92 |
| E-126 EP4 (4200 kW)[(1)] | 80,5 |
| E-141 EP4 (4200 kW)[(1)] | 80,5 |

[(1)] vorläufige Daten