

# **Senvion 3.4M140**

[50Hz]

## **Produktbeschreibung**

## Disclaimer / Ausschlussklärung

Senvion GmbH

Überseering 10  
22297 Hamburg  
Germany

Tel.: +49 - 40 - 5555090 - 0  
Fax: +49 - 40 - 5555090 - 3999

[www.senvion.com](http://www.senvion.com)

Copyright © 2015 Senvion GmbH

Sämtliche Rechte vorbehalten.

Schutzvermerk DIN ISO 16016: Die Reproduktion, der Vertrieb und die Verwendung dieses Dokuments sowie die Kommunikation seines Inhalts an Dritte ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung seitens der Senvion GmbH ist untersagt. Zuwiderhandelnde haften für den dadurch eingetretenen Schaden. Im Falle der Gewährung eines Patents, eines Gebrauchsmusters oder Musters sind sämtliche Rechte vorbehalten.

Bitte stellen Sie die Verwendung der geltenden Spezifikationen in ihrer jeweils letzten Fassung sicher. Bilder und Skizzen stellen nicht notwendigerweise den exakten Lieferumfang dar und können jederzeit technischen Änderungen unterliegen. Bitte beachten Sie, dass dieses Dokument unter Umständen nicht notwendiger Weise mit den projektspezifischen Anforderungen übereinstimmt.

Arbeitsverfahren, die gegebenenfalls in dieser Produktbeschreibung aufgezeigt sind, entsprechen sowohl deutschen Sicherheitsvorschriften und Bestimmungen als auch den eigenen internen Sicherheitsvorschriften und Bestimmungen der Senvion GmbH. Im Rahmen nationaler Gesetze anderer Länder können unter Umständen andere oder darüber hinausgehende Sicherheitsanforderungen gestellt werden.

Es ist unerlässlich, dass sämtliche Sicherheitsmaßnahmen, sowohl projekt- als auch länderspezifischer Art, strikt eingehalten werden. Es ist die Pflicht eines Kunden, sich entsprechend zu informieren und diese Maßnahmen umzusetzen und einzuhalten. Die Anwendbarkeit und Gültigkeit der relevanten gesetzlichen und/oder vertraglichen Bestimmungen, der technischen Richtlinien, DIN-Standards und sonstiger vergleichbarer Vorschriften werden durch den Inhalt der Produktbeschreibung bzw. darin enthaltenen Inhalte nicht ausgeschlossen. Vielmehr gelten diese Bestimmungen und Vorschriften weiterhin ohne Einschränkung.

Sämtliche in dieser Produktbeschreibung enthaltenen Informationen können jederzeit ohne Mitteilung an den Kunden oder Zustimmung durch den Kunden Änderungen unterliegen.

Die Senvion GmbH übernimmt keinerlei Haftung für Fehler oder Auslassungen in Bezug auf den Inhalt dieser Produktbeschreibung. Rechtliche Ansprüche gegenüber der Senvion GmbH, die auf Schäden durch die Nutzung oder Nichtnutzung der hier vorgelegten Informationen oder auf der Nutzung von fehlerhaften oder unvollständigen Informationen beruhen, sind ausgeschlossen.

Sämtliche in diesem Dokument genannten Marken oder Produktnamen sind Eigentum ihrer jeweiligen Inhaber.

## Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Informationen .....	6
1.1	Technisches Konzept .....	6
2	Mechanisches System .....	7
2.1	Rotor .....	7
2.1.1	Rotorblätter .....	7
2.1.2	Pitchsystem .....	8
2.2	Gondel .....	8
2.2.1	Azimutsystem .....	9
2.2.2	Triebstrang – Lagerungskonzept .....	9
2.2.3	Getriebe .....	9
2.2.4	Partikelzähler .....	9
2.3	Turm .....	10
2.4	Befahranlage .....	10
2.5	Kettenzug .....	10
2.6	Korrosionsschutz .....	10
3	Elektrisches System .....	11
3.1	Funktionsprinzip .....	11
3.2	Technische Daten der Niederspannungsseite der WEA .....	11
3.2.1	Standardkonfiguration WEA .....	11
3.2.2	Netzschutz-Standard der WEA .....	11
3.3	Hauptkomponenten (elektrisch) .....	12
3.3.1	Generator .....	12
3.3.2	Umrichter .....	13
3.3.3	Transformatorsystem .....	13
3.4	Eigenverbrauch .....	13
4	Sicherheitseinrichtungen .....	14
4.1	Allgemeine Sicherheit .....	14
4.2	Sicherheitssystem .....	14
4.3	Bremssystem .....	14
4.4	Blitzschutz .....	14
5	Steuerung Windenergieanlage .....	15
5.1	Ein-/Abschaltstrategie .....	15
5.2	Steuerungssystem .....	15
5.3	Maßnahmen bei Eisansatz .....	15
5.3.1	Eiserkennung .....	16
5.3.2	Anlagenverhalten von WEA in Risikoklasse II .....	16
6	Abmessungen und Gewichte .....	17

6.1	Gewichte .....	17
6.2	Abmessungen .....	17

## Verzeichnis relevanter Dokumente

Die in nachfolgender Tabelle aufgeführten Dokumente werden nicht allein durch die Erwähnung in dieser Produktbeschreibung Vertragsbestandteil.

Titel	Dokumenten-Nr.
Elektrische Eigenschaften gemäß FGW	D-3.20-GP.EL.05-A-*
Elektrische Eigenschaften gemäß IEC	D-3.20-GP.EL.06-A-*
Generelle Information Blitzschutz, Erdung und Potentialausgleich [3.XM]	GI-3.1-EC.LP.01-A-*
Maßnahmen bei Eisansatz	T-0.0-SL.ST.01-A-*
Partikelzähler [MM_3.XM_5M_6.XM]	GI-0.0-WT.SO.00-A-*.DE
Standard-Einsatzbedingungen 3.4M140	SD-3.20-WT.SC.00-A-*

\* Abhängig von der projektspezifischen Auswahl von Senvion Produkten durch den Kunden erscheinen die einzelnen Dokumente als Vertragsanhang in der jeweils aktuellen Version.

## Verzeichnis der Abkürzungen und Einheiten

Abkürzung/Einheit	Erklärung
DIBt	Deutsches Institut für Bautechnik
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
ETS	Externes Transformatorsystem
FGW	Fördergesellschaft Windenergie e.V.
$f_N$	Nennfrequenz
GFK	Glasfaserverstärkter Kunststoff
GL	Germanischer Lloyd
HS	Hochspannung (Nenn-Netzspannung $\geq 60$ kV)
IEC	International Electrotechnical Commission
IGBT	Bipolartransistor mit isolierter Gateelektrode
$I_N$	Nennstrom
ITS	Internes Transformatorsystem
MS	Mittelspannung (Nenn-Netzspannung $> 1$ kV und $< 60$ kV)
n	Nennzahl
NS	Niederspannung (Nenn-Netzspannung $\leq 1$ kV)
$P_G$	Nennleistung Generator
$P_N$	Nennleistung WEA
$P_T$	Nennleistung Transformator
PSA	Persönliche Schutzausrüstung
RAL	Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V.
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
$U_C$	Vereinbarte Spannung Mittelspannung (Versorgungsspannung)
$U_N$	Nennspannung
WEA	Windenergieanlage

# 1 Allgemeine Informationen

Die Senvion 3.XM EBC ist die neueste Senvion Baureihe unter der Produktplattform 3.XM für Onshore-Windenergieanlagen (WEA). Als Ergebnis kontinuierlicher Weiterentwicklung berücksichtigt die 3.XM EBC Betriebserfahrungen mit über 6.000 installierten Senvion Windenergieanlagen. Die Entwicklung der Baureihe basiert unverändert auf den Qualitäten der bisherigen 3.XM-Baureihen, die sich durch Wartungsfreundlichkeit, konservative Lastannahmen, großzügige und kraftflussgerechte Auslegung der Komponenten, Umweltverträglichkeit und exzellente Netzeigenschaften auszeichnen. Bei der Baureihe 3.XM EBC wird wie bei der 3.XM "Next Electrical System" (Kurzform NES) ein Vollumrichtersystem mit einem Asynchrongenerator eingesetzt. Durch den geringen Schalleistungspegel, der Ermöglichung von Standard Transportabmaßen durch den Einsatz eines erweiterten Lastenmanagements und damit einer optimierten Integration der Anlage in ihre Umwelt erhält die Baureihe den Zusatznamen "Eco Blade Control" (Kurzform EBC).

## 1.1 Technisches Konzept

Nach intensiver Analyse existierender und neuer WEA- und Komponententechnologien wurde die Konstruktion der Baureihe Senvion 3.4M140 entsprechend den Erfahrungen mit der 3.XM-Baureihe zu einem Asynchrongenerator mit Kurzschlussläufer weiter entwickelt. Das technische Konzept der Baureihe Senvion 3.4M140 besitzt folgende Merkmale:

- Drehzahlvariables Generator-/Umrichtersystem
- Wartungsfreundlichkeit
- Flüssigkeitsgekühltes Umrichtersystem
- Transportanforderungen vergleichbar mit 2 MW WEA (z.B. Baureihe Senvion MM)
- Elektrisches Pitchsystem in „fail-safe“ Ausführung
- Zuverlässiges Getriebekonzept
- 3-Punkt-Lagerung des Triebstranges
- „Tilted-Cone“-Konzept und vorgebogene Rotorblätter für bestmögliche Gewichtsverteilung und sichere Lastübertragung
- Leitergeführte Befahranlage (Standard)
- Intelligente Pitch-Steuerung zur Lastreduzierung
- Hochmodul-GFK-Rotorblatt
- Ein durch das Sicherheitskonzept ermöglichte optimierte Lastenmanagement

## 2 Mechanisches System

### 2.1 Rotor

Der Rotor besteht aus der Rotornabe und drei Rotorblättern, die über Blattlager drehbar an die Rotornabe angeflanscht sind. Der Pitchwinkel der Rotorblätter kann so über elektrisch betriebene, mitrotierende Pitchantriebe um die Längsachse der Rotorblätter verstellt und damit den Windbedingungen angepasst werden. Um den sicheren Betrieb des Pitchsystems auch bei Netzausfall oder Anlagenstörung sicherzustellen, verfügt jedes Rotorblatt über eigene, mitrotierende und unabhängige Akkumulatorensätze und Ansteuerungen.

Im Teillastbereich, d.h. bei Anlagenbetrieb unterhalb der Nennwirkleistung, wird bei variabler Rotordrehzahl der Pitchwinkel konstant gehalten und so eine möglichst effektive Anströmung der Rotorblätter gewährleistet. Im Nennlastbereich, d.h. bei Betrieb ab Nennwindgeschwindigkeit, wird die WEA mit konstantem Nennmoment und damit konstanter Wirkleistung betrieben. In diesem Fall werden die von veränderter Windgeschwindigkeit verursachten Änderungen der Rotordrehzahl ausgeglichen, indem der Pitchwinkel der Rotorblätter fortlaufend verstellt wird.

Windenergie aus starken Böen wird durch eine Beschleunigung des Rotors gespeichert. Die elektrische Energie wird erst dann gewonnen und ins Netz gespeist, wenn der Pitchwinkel der Rotorblätter angepasst und damit eine Dämpfung des Energieanstiegs durch die Windböe erreicht wurde.

Die Anwendung des „Tilted-Cone“-Konzepts mit einem Konuswinkel der Rotornabe und vorgebogenen Rotorblättern in Verbindung mit einer Neigung der Rotorwelle erlaubt einen extrem kurzen Überhang zwischen Rotor und Turmachse. Hohe Lasten werden nicht auf langen Wegen über den Maschinenträger geleitet, sondern sicher und auf kurzem Weg in die Turmstruktur übertragen.

Im Falle eines größeren Komponententausches im Bereich des Triebstranges, kann der Rotor an der Windenergieanlage verbleiben (siehe hierzu auch Kapitel 2.2.2 "Triebstrang – Lagerungskonzept").

Wartungsarbeiten an der Rotornabe werden dadurch erleichtert, dass die Rotornabe direkt durch Öffnungen zwischen den Blattanschlüssen aus der Gondel erreicht werden kann.

Technische Daten Rotor	
Rotordurchmesser	140 m
Überstrichene Rotorfläche	15394 m <sup>2</sup>
Nennndrehzahl	6,3 bis 9,55 (+25%) min <sup>-1</sup>
Nennblattspitzengeschwindigkeit	70,0 m/s
Drehrichtung (Betrachtung in Windrichtung auf den Rotor)	Uhrzeigersinn bzw. rechts
Anordnung zum Turm	luvseitig

#### 2.1.1 Rotorblätter

Das Blattdesign der Senvion 3.4M140 vereint eine starke Struktur, die auch starken Böen widersteht, mit den Vorteilen der Leichtbaukonstruktion, die Kraftübertragungseinflüsse auf die Gondel minimiert. Die Sandwichkonstruktion der Rotorblätter aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) besitzt die dafür erforderlichen Materialeigenschaften.

Die Rotorblätter sind im Hinblick auf eine noch höhere aerodynamische Effizienz und eine weitere Reduzierung der Geräuschemissionen der Senvion 3.4M140 angepasst worden. Zur Sicherung der aerodynamischen Performance und Stabilität, sowie der Geräuschemissionen der Senvion 3.4M140 werden Vortex Generatoren und Blatt Hinterkantenzacken des neuesten Designs eingesetzt.

Eine spezielle Beschichtung schützt die Rotorblätter vor negativen Einflüssen durch UV-Strahlung und Feuchtigkeit. Zur Vermeidung von Erosion werden darüber hinaus die Blattvorderkanten durch weitere Maßnahmen besonders geschützt (wie z.B. Anti-Erosions-Folien o.ä.).

Die Rotorblätter haben die Farbe Lichtgrau (RAL 7035), die der Standardfarbe für die Gondel und den Turm entspricht. Die Effekte von Reflektionen werden dadurch effizient reduziert, ohne einen Einfluss auf die Leistungskennlinie der Senvion 3.4M140 zu haben. Optional können die Rotorblätter mit Rotorblattkennzeichnungen versehen werden.

Bitte beachten Sie, dass Senvion die Herstellung seiner Rotorblätter selbst beauftragt. Die Senvion GmbH behält sich daher das Recht vor, für seine WEA den jeweils abgestimmten Rotorblatttyp selbst auszuwählen.

Technische Daten Rotorblätter	
Anzahl der Rotorblätter	3
Rotorblattlänge	68,5 m
Rotorblattmaterial	Glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK) in Sandwichbauweise
Rotorblattfarbe	RAL 7035

### 2.1.2 Pitchsystem

Die Rotorblätter sind über Blattlager drehbar mit der Rotornabe verbunden und können individuell um die Längsachse mittels des Pitchsystems verstellt werden. Jedes Rotorblatt besitzt hierfür ein individuelles Pitchsystem. Die mitrotierenden Pitchantriebe sind als Gleichstrommotoren ausgeführt und wirken über Planetengetriebe und Ritzel auf die Außenverzahnung der Lagerung.

Zur Synchronisierung der individuellen Pitchwinkel kommt ein schnell arbeitender Synchronisierungsregler zum Einsatz. Um auch bei Netzausfall oder einer Störung sicheren Betrieb zu gewährleisten, verfügt jeder Pitchantrieb über einen eigenen mitrotierenden Akkumulatorensatz.

Technische Daten Pitchsystem	
Prinzip	Elektrisches Pitchsystem für jedes einzelne Rotorblatt
Leistungsregelung	Pitchwinkel- und Drehzahlregelung
Maximaler Pitchwinkel	91°
Antrieb	Gleichstrommotoren, akkumulatorgepuffert, synchron geregelt

## 2.2 Gondel

Wie alle aktuellen Senvion WEA wurde auch die Gondel der Senvion 3.4M140 mit einem innovativen, der Aerodynamik angepassten Design versehen. Zugleich wurden Verbesserungen für Service- und Wartungsarbeiten implementiert, die auf den bisherigen Erfahrungen aufbauen. Wartungsarbeiten können bei geschlossener Gondel vorgenommen werden. Für den Komponententausch wird die Gondel partiell geöffnet.

Der Einstieg aus dem Turm in die Gondel erfolgt über eine Luke im Maschinenträger. Um Komponenten unterhalb des Maschinenträgers zu erreichen, ist zusätzlich eine Wartungsplattform montiert.

Sämtliche Systeme können über die Steuerung aus der Gondel bedient werden. Zur Sicherheit sind ein Not-Halt-Taster installiert. Grundsätzlich sind alle rotierenden/beweglichen Teile innerhalb der Gondel durch Sicherheitsabdeckungen geschützt, um Verletzungsrisiken zu vermeiden.

Als Material für die Gondelverkleidung wurde glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK) gewählt, der einen sicheren Schutz bietet und leicht ist. Die Gondelverkleidung übernimmt darüber hinaus zusätzliche Funktionen zur Schalldämmung und Erhaltung der Arbeitstemperatur.



## 2.2.1 Azimutsystem

Die Gondel ist über ein Vierpunktlager mit dem Turm verbunden. Die Windnachführung der Gondel erfolgt durch sechs elektrische Getriebemotoren. Hydraulische Bremszangen halten die Gondel in Windrichtung und die Verstellmotoren im Ruhezustand frei von Lasten, die z.B. durch Schräganströmung des Rotors entstehen können. Im stromlosen Zustand sind die elektromagnetischen Bremsen des Azimutantriebes aktiv.

Eine Ultraschall-Windrichtungssensorik mit entsprechender Software steuert die Einschaltzeiten und die Drehrichtung der Motoren. Sie sorgt außerdem für die automatische Kabelentdrillung, wenn sich die WEA bei veränderten Windrichtungen mehrmals in eine Richtung gedreht hat. Sind die Motoren zur Windnachführung aktiv, werden die Bremsen gelöst.

Technische Daten Azimutsystem	
Ausführung	6 Getriebemotoren, max. 24 Bremszangen
Lagerung	Vierpunktlager mit Außenverzahnung

## 2.2.2 Triebstrang – Lagerungskonzept

Der Triebstrang ist an drei Punkten unmittelbar über dem Kopfflansch des Turms gelagert. Das vordere Lager ist als großzügig dimensioniertes Pendelrollenlager ausgeführt. Die beiden hinteren Lagerpunkte sind die Drehmomentstützen des Getriebes. Sie sind über Elastomerbuchsen elastisch mit dem Maschinenträger verbunden. Die Dreipunktlagerung ermöglicht eine sichere Lastübertragung bei gleichzeitig großzügiger Toleranz in Bezug auf die Ausrichtung des Triebstrangs.

## 2.2.3 Getriebe

Das Getriebe ist als Planeten-/Stirnradgetriebe ausgeführt. Die Verzahnung ist im Hinblick auf den Wirkungsgrad und die Geräuschentwicklung angepasst. Die Drehmomentstütze des Getriebes ist in elastischen Buchsen auf dem Maschinenträger gelagert, die sich über Auflager am Maschinenträger abstützen. Die elastische Lagerung ermöglicht eine wirkungsvolle Schall- und Schwingungsentkopplung vom Maschinenträger. Das Getriebe verfügt über jeweils eine elektrische und eine mechanische Ölpumpe, um auch im Leerlaufbetrieb eine ausreichende Schmierung sicherzustellen.

Technische Daten Getriebe	
Bauart	Planeten-/Stirnradgetriebe
Nennleistung	3842 kW
Nennmoment	3842 kNm

## 2.2.4 Partikelzähler

Der Partikelzähler ist eine Standardkomponente in allen Windenergieanlagen (WEA) von Senvion.

Der Partikelzähler ist ein einfacher, hocheffizienter Inline-Diagnosesensor zur Detektion von eisenhaltigen (FE) und eisenlosen (NFE) Metallpartikeln im Getriebe-Schmiersystem. Auf Basis eines induktiven Messprinzips detektiert er Metallpartikel im Ölfluss, die auf Abrieb oder anderes abnormes Verhalten von Komponenten hinweisen.

Mithilfe eines Partikelzählers können WEA-Betreiber systematisch den Zustand des Getriebes überwachen und proaktiv entsprechende Maßnahmen planen, um potenzielle Fehler zu vermeiden, die zu Ausfällen von Komponenten führen könnten. Es handelt sich also um ein kostengünstiges Instrument zur effektiven Sicherstellung einer hohen Betriebsbereitschaft.

## 2.3 Turm

Der Turm ist als Stahl- oder Hybridturm ausgeführt. Im Turmfuß ist eine Türöffnung vorgesehen, die einen wettergeschützten Aufstieg im Turminnenen ermöglicht. Der Aufstieg zur Gondel erfolgt über die Befahranlage. Die Nutzung der Leiter mit Steigschutzsystem ist nur im Notfall erlaubt. Jedes Turmsegment ist mit Plattformen und Notbeleuchtung ausgerüstet.

Die Energieübertragung im Turm erfolgt mittels geschirmter Stromschielen, die einen zusätzlichen Beitrag zur Minimierung elektromagnetischer Störung leisten.

Technische Daten Turm	
Nabenhöhe*	110 m, 130 m, 160m
Bauart	110 m: Stahlturm 130 m: als Hybridturm 160 m: als Hybridturm

\* In Abhängigkeit des Fundamentdesigns kann die Nabenhöhe in einem definierten Bereich angepasst werden.

## 2.4 Befahranlage

Jede Senvion 3.4M140 ist mit einer Befahranlage ausgestattet. Die Befahranlage darf von maximal zwei Personen benutzt werden und ist für eine Maximallast von 250 kg zugelassen. Die leitergeführte Befahranlage ist für einen komfortablen Transport entwickelt worden, da sie zu einer geringeren Ermüdung des Servicepersonals beiträgt und dadurch die Wartungsarbeiten erleichtert.

Der Auf- und Abstieg mit der Befahranlage erfolgt über ein Halt-/Fahr-Druck-System mit einem in die Befahranlage eingebauten „Totmannschalter“. Darüber hinaus ist ein Automatikbetrieb möglich, um Material und Werkzeug zu transportieren. Die Befahranlage ist zum sicheren Aufstieg und Transport von Personen und Material entwickelt worden. Die Befahranlage startet im Turmfußbereich und endet kurz unterhalb des Turmkopfes. Die Befahranlage wird von einer festen Führung auf Position gehalten. Im oberen Turmbereich befestigte Trag- und Sicherungsseile ermöglichen den sicheren Aufstieg der Befahranlage.

## 2.5 Kettenzug

Bestandteil der Gondel ist ein Kettenzug mit, mit dem Komponenten oder Werkzeuge in die Gondel gehoben werden können. Im rückwärtigen Bereich der Gondel befindet sich die Bodenöffnung für den Kettenzug, die durch eine Schutzür gesichert ist. Es ist nicht erlaubt, mit dem Kettenzug Personen zu befördern. Die Maximallast des Kettenzuges beträgt 500 kg.

## 2.6 Korrosionsschutz

Alle Anlagen sind durch eine spezielle Mehrfachbeschichtung gegen Korrosion und andere Umwelteinflüsse geschützt. Das Beschichtungssystem erfüllt die nach DIN EN ISO 12944 erforderlichen Anforderungen.

## 3 Elektrisches System

### 3.1 Funktionsprinzip

Die Windenergieanlage ist mit einem Induktionsgenerator (Käfiglaufer) und einem Vollumrichter ausgestattet. Der flüssiggekühlte Vollumrichter besteht aus einem Umrichter mit Filter auf der Netzseite samt Überspannungsschutz (Zwischenkreis-Chopper), einem Umrichter auf der Maschinenseite mit du/dt Filter und dem Umrichterregler samt Software.

### 3.2 Technische Daten der Niederspannungsseite der WEA

#### 3.2.1 Standardkonfiguration WEA

Die Senvion 3.4M140 Standardausführung ist wie in folgender Tabelle dargestellt definiert.

#### Standardkonfiguration auf der Niederspannungsseite der WEA

Parameter	Wert
Nennleistung	$P_N = 3400 \text{ kW}$ an der Niederspannungsseite des Anlagentransformators
Leistungsfaktor	$\cos \varphi \sim 1$
Nennspannung	580 V
Klemmenspannungsbereich der WEA ( $\cos \varphi = 1$ )	$85 \% \leq U_N \leq 119,5 \%^*$
Nennfrequenz	$f_N = 50 \text{ Hz}$
Nennstrom bei $\cos \varphi = 1$ und Nennspannung	$I = 3.385 \text{ A}$
Generatornendrehzahl	$n = 1.440 \text{ U/min}$

\*mit möglicher Wirkleistungsreduktion

Durch Hinzufügen des optionalen Produkts Grid Solution können die Leistungsfähigkeit und/oder Senvion SCADA Produkte und die Regelmöglichkeiten der WEA bzw. des Windparks erweitert werden, um zur Erfüllung von projektspezifischen Netzanforderungen beizutragen und den Windpark als Kraftwerk zu regeln.

Die elektrischen Kennwerte, wie zum Beispiel Werte der Harmonischen Oberschwingungen, der Senvion 3.4M140 sind in den Dokumenten "Elektrische Eigenschaften gemäß FGW" und "Elektrische Eigenschaften gemäß IEC" definiert, siehe Kapitel "Verzeichnis relevanter Dokumente" in diesem Dokument.

Die Werte in der Tabelle "Standardkonfiguration auf der Niederspannungsseite der WEA" können eingehalten werden, wenn die Netzqualität den im Dokument „Standard-Einsatzbedingungen“ genannten Parametern entspricht, siehe Kapitel „Verzeichnis der relevanten Dokumente“ in diesem Dokument.

#### 3.2.2 Netzschutz-Standard der WEA

Die Netzüberwachung des Steuerungssystems misst den Strom und die Spannung in jeder Phase, wodurch eine dreiphasige Netzüberwachung gewährleistet ist. Die Netzüberwachung wertet die Ströme, Spannungen und die zeitlichen Verläufe aus, um den Generator und den Umrichter zum Eigenschutz vom Netz zu trennen, sobald einer der in der folgenden Tabelle aufgeführten Vorgänge eintritt.

### Standard Netzschutzeinstellungen auf der Niederspannungsseite der WEA

Auslösekriterium	Auslösewert	Kommentar
Überspannung [U >] (symmetrisch/asymmetrisch)	1,195*U <sub>N</sub>	Auslösezeit wird mit dem verantwortlichen Netzbetreiber abgestimmt
Unterspannung [U <] (symmetrisch/asymmetrisch)	0,85*U <sub>N</sub>	Auslösezeit wird mit dem verantwortlichen Netzbetreiber abgestimmt
Frequenzsteigerung [f >]	50,5 Hz	Auslösezeit wird mit dem verantwortlichen Netzbetreiber abgestimmt
Frequenzrückgang [f <]	49,5 Hz	Auslösezeit wird mit dem verantwortlichen Netzbetreiber abgestimmt
Phasenwinkelabweichung	±6°	unverzögert

Die Standard Netzschutzeinstellungen können projektspezifisch abhängig von den zusätzlich erworbenen Senvion Netzprodukten eingestellt werden. Ohne zusätzliche Netzprodukte schaltet sich die Windenergieanlage unverzüglich ab, sobald die in der Tabelle genannten Auslösewerte erreicht werden.

Die Standardschutzeinstellungen für die WEA für minimale und maximale Frequenz sind einstellbare Parameter, die entsprechend der im vorherigen Abschnitt genannten zulässigen Bereiche gewählt werden können.

Nach dem Eintreten eines der Ereignisse aus der obigen Tabelle, resynchronisiert sich die Windenergieanlage automatisch mit dem Netz, sobald dies wieder verfügbar ist.

## 3.3 Hauptkomponenten (elektrisch)

### 3.3.1 Generator

Technische Daten Generator	
Konzept	Asynchrongenerator (Käfigläufer)
Nennleistung/Drehzahl	P <sub>G</sub> = ~3750 kW bei n = 1.440 U/min
Drehzahlbereich	n = 945 - 1.440 (dyn. +360) U/min Jeder Drehzahl ist ein spezifischer Maximalwert der Leistung zugeordnet, der aus Gründen der Auslegung im Mittel nicht überschritten werden darf.
Bauart	Asynchrongenerator mit Kurzschlussläufer
Modell	IM B3 nach DIN IEC 60034 code I IM 1001 nach DIN IEC 60034 code II
Größe	630
Schutzklasse	IP 54
Kühlung	Kühlung über Luft-Luft-Wärmetauscher. Kühlluftstrom wird durch ein Gebläse erzeugt. Kühlluftansaugung aus der Gondel.
Sensoren	PT 100 zur Überwachung der Lagertemperatur PT 100 zur Überwachung der Wicklungstemperatur
Verschiedenes	Abdeckungen verhindern Kontakt mit rotierenden Bauteilen. Geerdetes Generatorgehäuse, um statische Aufladung zu verhindern. Zur Minimierung von Schwingungen und Geräuschemissionen ist der Generator mit schall- und schwingungsentkoppelnden Elementen auf dem Grundrahmen gelagert.

### 3.3.2 Umrichter

Technische Daten Umrichter	
Bauart	Vollumrichter mit Gleichspannungs-Zwischenkreis.
Funktionsweise	Regelung/Steuerung von Wirk- und Blindleistung.
Leistungstransistor	IGBTs
Schutzklasse	IP 54, Bremswiderstand: IP 21
Kühlung	Luftstrom- oder Flüssigkühlung des Umrichtergehäuses. Flüssigkühlsystem für IGBTs.

### 3.3.3 Transformatorsystem

Der Transformator und die Mittelspannungsschaltanlage werden innerhalb des Turms installiert. Dies hat für den Kunden den Vorteil, dass keine weitere Baugenehmigung für ein zusätzliches Gebäude erforderlich ist.

## 3.4 Eigenverbrauch

Der Eigenverbrauch der WEA im Standby-Modus setzt sich aus den Einzelverbräuchen der folgenden Komponenten zusammen:

- Steuerung (Steuerungssystem und Umrichter)
- Azimutsystem
- Hydraulikpumpe
- Heizung für Getriebe, Generator und Schaltschränke
- Batterielader
- Pitchantrieb
- Gefahrenfeuer

Verbrauchswerte können sich abhängig vom Standort, in Küstennähe oder Binnenland, um mehrere Einheiten unterscheiden. Als grobe Schätzung können für Standorte mit mittleren Windgeschwindigkeiten zwischen 8300 und 16000 kWh pro Jahr angenommen werden, wobei Abweichungen nach oben sowie nach unten möglich sind. Diese Angaben berücksichtigen nicht den Bedarf durch angeschlossene Bauteile (z.B. Transformator, Nebenaggregate sowie Mittel- und Niederspannungsverkabelung).

Der Eigenbedarf beträgt ca. 40 kW (10-Minuten-Mittelwert). Der Bedarf hängt zu einem großen Teil vom Aufstellungsort der Anlage ab. Der Eigenverbrauch ist besonders groß, wenn die Windgeschwindigkeit weniger als 4 m/s beträgt, bei gleichzeitigen Temperaturen unterhalb des Gefrierpunkts.

## 4 Sicherheitseinrichtungen

### 4.1 Allgemeine Sicherheit

Wie alle Senvion Windenergieanlagen ist die Senvion 3.4M140 auf höchste Sicherheit im Betrieb und Wartung ausgelegt. Generell ist damit verbunden:

- aerodynamische Bremse in "fail-safe"-Ausführung mittels unabhängiger Einzelblattverstellung
- betriebsführungsunabhängiges Sicherheitssystem
- Schutz gegen Flüssigkeitsaustritt durch Labyrinth und Auffangbehälter
- Abdeckung rotierender Bauteile in der Maschine zum Schutz von Personen
- großzügiges Raumangebot in der Gondel für Wartung und Service
- Zugang zur Rotornabe aus dem Innern der Gondel

### 4.2 Sicherheitssystem

Die Senvion 3.XM EBC ist mit einem optimierten Sicherheitssystem ausgerüstet, bei dem je nach angeforderter Sicherheitsfunktion eine individuelle Maßnahme eingeleitet wird, um den sicheren Zustand zu erreichen. Ein Neustart kann nur dann erfolgen, wenn die Ursache für die Anforderung behoben wird (ausgenommen des Not-Stops aufgrund von Netzausfall).

Die folgenden Ereignisse können Auslöser für das Ansprechen einer Sicherheitsfunktion sein:

- Die Betätigung eines Not-Halt Bedienelementes
- Eine Überdrehzahl an der langsamen und / oder schnellen Welle
- Das Ansprechen der Schwingungsüberwachung
- Eine überschrittene maximale Kabelverdrillung

### 4.3 Bremssystem

Das Bremssystem besteht aus einem primären aerodynamischen Bremssystem und aus einem sekundären mechanischen Bremssystem.

Der Bremsvorgang erfolgt aerodynamisch durch Verstellen der Rotorblätter in die 90° Position. Jede einzelne Verstellvorrichtung der drei Rotorblätter arbeitet komplett unabhängig. Im Falle eines Stromausfalls werden die Verstellmotoren durch jeweils eigene, unabhängige Batteriesätze versorgt.

Das sekundäre Bremssystem besteht aus einer mechanischen Scheibenbremse, die auf der schnelllaufenden Getriebewelle als aktiv arbeitendes System installiert ist. Bei Wartungsarbeiten wird der still stehende Rotor zusätzlich mit einer Rotorarretierung gesichert.

Die Bremssysteme sind als „fail-safe“-Systeme ausgelegt. Das bedeutet, dass bei Ausfall oder Fehlfunktion nur einer der Komponenten des Bremssystems die WEA sofort in einen sicheren Zustand fährt.

### 4.4 Blitzschutz

Die WEA erfüllt die nach internationaler Norm IEC 61400-24 Edit.1 "Windenergieanlagen - Abschnitt 24: Blitzschutz" und IEC 62305-1 "Blitzschutz - Absatz 1: Generelles" geforderte Schutzklasse 1 (mehr Informationen finden Sie im Dokument "Generelle Information - Blitzschutz, Erdung und Potentialausgleich"). Blitzstrom wird vom Rotor über Schleifkontakte und Funkenstrecken auf den Turm und von dort über den Fundament- bzw. Tiefenerder ins Erdreich abgeleitet.

## 5 Steuerung Windenergieanlage

### 5.1 Ein-/Abschaltstrategie

Die Auslegungsparameter für den Anlagenbetrieb liegen im Bereich der folgenden 10-Minuten Mittelwerte der Windgeschwindigkeit:

Technische Daten Ein-/Abschaltstrategie	
Einschaltwindgeschwindigkeit	3,0 m/s
Nennwindgeschwindigkeit	11,0 m/s
Abschaltwindgeschwindigkeit	22,0 m/s

### 5.2 Steuerungssystem

Das Steuerungssystem Senvion Control erlaubt die sehr gute Integration der Senvion 3.4M140 in das Senvion SCADA System. Standardmäßig ist die WEA mit SCADA Access Monitoring Advanced oder Professional auszustatten. SCADA Access Monitoring erlaubt den direkten Zugriff aus der Ferne auf die Anlagensteuerung Senvion Control und andere am Standort installierte Senvion SCADA Komponenten wie Power Management Unit oder Meteo Station. Abhängig vom Benutzerlevel visualisiert SCADA Access Monitoring momentane Betriebsdaten ebenso wie auf dem Steuergerät gespeicherte Daten.

Zugänge zum Steuerungssystem sind sowohl in der Gondel als auch im Turmfuß eingebaut. Beide Zugänge zum Steuerungssystem werden über ein jeweils eigenes Display bedient.

Technische Daten Steuerungssystem	
Prinzip	Industriesteuerung
Signalübertragung	Lichtwellenleiter
Fernüberwachung	SCADA Access Monitoring

### 5.3 Maßnahmen bei Eisansatz

Eisansatz an einer WEA und insbesondere an den Rotorblättern kann zu einer Gefährdung für die Umgebung (Menschen, Tiere, Verkehr) und auch zu einer Gefährdung der Anlage selbst führen. Eine Gefährdung der Umwelt entsteht, wenn Eisstücke von den Rotorblättern in die nähere Umgebung abgeworfen werden. Die Anlage selbst ist gefährdet, da durch den Eisansatz das aerodynamische Profil der Rotorblätter verändert wird und dadurch erhöhte Lasten an der WEA auftreten können.

Senvion ordnet die WEA daher zwei Risikoklassen zu:

#### Risikoklasse II

Es besteht eine Gefahr durch Eisabwurf für Mensch um Umwelt. Verkehrswege oder andere Bebauungsobjekte liegen innerhalb der Eisabwurffläche (für jede WEA zu bestimmen). Das sind beispielsweise Wanderwege, Straßen, Wohnbebauung oder Industriebauten.

#### Risikoklasse I

Die Gefahr durch Eisabwurf für Mensch und Umwelt ist gering. Verkehrswege und andere Bebauungsobjekte liegen außerhalb der Eisabwurffläche. Dies ist oft an entlegenen Standorten mit Wald oder Grünland der Fall.

Standardmäßig sind Senvion WEA in Risikoklasse II eingestuft. Erst durch eine Standortbewertung kann eine Eingruppierung in Risikoklasse I erfolgen. Das Dokument Maßnahmen bei Eisansatz gibt hierzu detailliertere Informationen.



### 5.3.1 Eiserkennung

Senvion WEA sind standardmäßig mit einem dualen Eiserkennungssystem ausgestattet, das dem Stand der Technik entspricht (bestätigt vom TÜV Nord, Stand 26.04.2016) und das in der Lage ist, Eisansatz während des Anlagenbetriebs und im Stillstand zu erkennen. Dabei werden die folgenden Messprinzipien angewendet:

- Eiserkennung mit unbeheiztem Schalenkreuzanemometer
- Eiserkennung aus Messwerten im Produktionsbetrieb

### 5.3.2 Anlagenverhalten von WEA in Risikoklasse II

WEA in Risikoklasse II stoppen bei Eiserkennung sofort, um das Risiko des Eisabwurfs zu minimieren. Zum Wiederanlauf nach einem Vereisungsereignis bietet Senvion standardmäßig die folgenden Möglichkeiten:

1. *Neustart nach Meldung „Eisfreiheit“*: Nach einer Vor-Ort-Sichtung durch geschultes Personal (Schulungsmaterial wird von Senvion gestellt) kann die WEA vor Ort wieder gestartet werden.
2. *Automatikstart – nach berechneter Zeit*: Die WEA berechnet auf Basis der meteorologischen Messwerte Temperatur und Windgeschwindigkeit, ab wann ein Neustart der WEA ohne Gefahr eines Eisabwurfs erfolgen kann.

Beide Maßnahmen zum Wiederanlauf der WEA sind als sicher eingestuft (bestätigt vom TÜV Nord, Stand 26.04.2016). Des Weiteren protokolliert die Steuerung der WEA alle Ereignisse zur Vereisung, so dass diese für eine spätere Nachweisführung zur Verfügung stehen.



## 6 Abmessungen und Gewichte

Die Senvion 3.4M140 ist grundsätzlich für einen einfachen Transport und Aufbau konstruiert. Dies schließt die Möglichkeit ein, Gondel und Triebstrang separat zu installieren und bei Bedarf einzeln zu transportieren.

### 6.1 Gewichte

Gewichte	
Rotorblatt	ca. 21,0 t
Rotornabe (inkl. Pitchsystem)	ca. 45,0 t
Gondel (exkl. Rotor und Triebstrang)	ca. 69,0 t
Triebstrang	ca. 62,0 t

### 6.2 Abmessungen

Abmessungen Rotorblatt	
Länge	ca. 68,5 m
Breite	ca. 4,25 m

Abmessungen Rotornabe	
Durchmesser	ca. 5,1 m
Höhe	ca. 4,4 m

Abmessungen Gondel	
Länge	ca. 13,4 m
Breite (inkl. Seitenteilen)	ca. 4,8 m
Breite (exkl. Seitenteilen)	ca. 4,3 m
Höhe (inklusive Gondeldach)	ca. 4,8 m

Abmessungen Triebstrang (Nabe, Welle und Getriebe)	
Länge	ca. 7,3 m
Breite	ca. 3,8 m
Höhe	ca. 3,1 m