



# Betriebsanleitung

## Beschreibung und Bedienung

### ENERCON Windenergieanlage E-115 EP3 E3

**Herausgeber**

ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland  
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109  
E-Mail: [info@enercon.de](mailto:info@enercon.de) ▪ Internet: <http://www.enercon.de>  
Geschäftsführer: Hans-Dieter Kettwig, Jost Backhaus, Momme Janssen, 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**

<b>Dokument-ID</b>	D0876392-1		
<b>Vermerk</b>	Originalbetriebsanleitung		
<b>Datum</b>	<b>Sprache</b>	<b>DCC</b>	<b>Werk / Abteilung</b>
2020-10-14	de	DC	WRD Management Support 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
DIBt 2012	Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung, Fassung Oktober 2012, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin
DIN EN ISO 13849-1:2018	Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen
EN 50110-1: 2013-03	Operation of electrical installations – Part 1: General requirements
IEC 60204-1:2005	Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements
IEC 61400-1:2005-08+A1:2010	Wind turbines – Part 1: Design requirements

## Zugehörige Dokumente

Dokument-ID	Dokument
D0154407	Technische Beschreibung ENERCON Eisansatzerkennung
D0154408	Technische Beschreibung Labko-Eisansatzerkennung
D0155614	Betriebsanleitung Aufstiegshilfe EL2 V1.0
D0157017	Betriebsanleitung Aufstiegshilfe EL1 V2.0
D0170419	Gebrauchsanleitung Sicherheitssteigleiter und Zubehör
D0190917	Technische Beschreibung ENERCON SCADA System
D0217730	Gebrauchsanleitung Steigschutzsystem Skylotec Skytac Speed
D0226958	Gebrauchsanleitung Steigschutzsystem Bornack Railstop RS-S05 CSA
D0245140	Gebrauchsanleitung Steigschutzsystem Bornack Railstop RS-S05
D0301429	Betriebsanleitung Aufstiegshilfe EL3 CSA
D0314266	Betriebsanleitung PLANETA EME Kettenzug EM50/1SFS
D0326134	Betriebsanleitung Demag Kettenzug DC Wind
D0340045	Technische Beschreibung Automatische Löschesysteme für Windenergieanlagen
D0346476	Betriebsanleitung Aufstiegshilfe EL3 CE
D0360464	Betriebsanleitung LIFTKET Kettenzug Star

Dokument-ID	Dokument
D0376121	EG-/EU-Konformitätserklärung für die Windenergieanlage
D0442187	Bedienungsanleitung Aufstiegshilfe Goracon GWB-300
D0464436	Verfahrensanleitung Aufstellung von Warnschildern bei Eiswurf
D0648865	Datenblatt Feuerlöscher
D0676290	Technische Beschreibung eologix-Eisansatzerkennung
D0678364	Anschlagpunkte zur Personensicherung E-115 EP3 E3, E-126 EP3, E-138 EP3, E-138 EP3 E2
D0701831	Datenblatt Installationsorte der Rauchschalter
D0734075	Technische Beschreibung fos4X-Eisansatzerkennung
D0734076	Technische Beschreibung Wölfel-Eisansatzerkennung
D0788324	Wartungsplan ENERCON Windenergieanlagen
D0806256	Technische Beschreibung Beschilderung E-115 EP3 E3
D0817813	Datenblatt 3M Lad-Saf X2 Detachable Cable Sleeve
D0819725	Gebrauchsanleitung Steigschutzsystem Bornack Railstop RS-S06
D0974730	Gebrauchsanleitung Steigschutzsystem Bornack Railstop RS-S06 CSA

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zu diesem Dokument .....</b>	<b>11</b>
1.1	Zielgruppen und Zweck .....	11
1.2	Hinweise zur Textgestaltung .....	12
1.3	Kontaktdaten .....	12
<b>2</b>	<b>Produktübersicht .....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>Sicherheit .....</b>	<b>15</b>
3.1	<b>Sicherheitsbezogene Informationen .....</b>	<b>15</b>
3.1.1	Gefahrenstufen in Warnhinweisen .....	15
3.1.2	Piktogramme in Warnhinweisen .....	16
3.2	<b>Bestimmungsgemäße Verwendung .....</b>	<b>16</b>
3.3	<b>Verantwortung des Betreibers .....</b>	<b>17</b>
3.4	<b>Gefahrenbereich .....</b>	<b>20</b>
3.5	<b>Personalanforderungen .....</b>	<b>21</b>
3.5.1	Zulässige Personen .....	21
3.5.2	Unzulässige Personen .....	21
3.5.3	Qualifikationsstufen .....	21
3.5.4	Erforderliche Schulungen .....	23
3.6	<b>Persönliche Schutzausrüstung .....</b>	<b>23</b>
3.6.1	Aufgaben des Betreibers .....	23
3.6.2	Stets erforderliche persönliche Schutzausrüstung .....	23
3.6.3	Situationsabhängig erforderliche persönliche Schutzausrüstung .....	23
3.6.4	Beispiel für eine persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz .....	24
3.7	<b>Gefahren in und an der Windenergieanlage .....</b>	<b>25</b>
3.7.1	Gefahren in der gesamten Windenergieanlage .....	25
3.7.2	Gefahren bei besonderen Wetterlagen .....	28
3.7.3	Gefahren durch Eisfall und Eiswurf .....	29
3.7.4	Gefahren durch Betriebs- und Hilfsstoffe .....	30
3.7.5	Gefahren im Turm, E-Modul und Fundament .....	31
3.7.6	Gefahren bei Benutzung der Sicherheitssteigleiter .....	32
3.7.7	Gefahren bei Benutzung der Aufstiegshilfe .....	33
3.7.8	Gefahren im Maschinenhaus .....	34
3.7.9	Gefahren bei Benutzung des Krans Gondel .....	35
3.7.10	Gefahren im Zusammenhang mit der Rotorarretierung .....	37
3.7.11	Gefahren im Rotorkopf .....	38
3.7.12	Gefahren im Generator .....	40
3.7.13	Gefahren auf dem Gondeldach .....	41
3.8	<b>Anschlagpunkte zur Personensicherung .....</b>	<b>41</b>
3.9	<b>Sicherheitsbeschilderung .....</b>	<b>41</b>

<b>3.10</b>	<b>Sicheres Verhalten .....</b>	<b>41</b>
3.10.1	Grundregeln .....	41
3.10.2	Verhalten bei Unfällen .....	42
3.10.3	Verhalten bei Feuer .....	42
3.10.4	Verhalten bei Sturm und Gewitter .....	43
3.10.5	Verhalten bei Überdrehzahl des Rotors .....	43
<b>3.11</b>	<b>Sicherheitseinrichtungen .....</b>	<b>44</b>
3.11.1	Hauptschalter .....	44
3.11.2	Not-Halt-Taster .....	44
3.11.3	Transformator-Not-Aus-Taster .....	46
3.11.4	Licht- und Präsenzscharter Gondel .....	46
3.11.5	Sicherheitstürschloss der Turmeingangstür .....	47
3.11.6	Schließsystem für den Transformatorraum .....	47
3.11.7	Elektrisches Zuhaltetesystem .....	48
3.11.8	Notabschaltung der Mittelspannungsschaltanlage .....	48
3.11.9	Explosionsschutz der Mittelspannungsschaltanlage .....	49
3.11.10	Automatisches Löschsystem .....	49
3.11.11	Feuerlöscher .....	49
3.11.12	Rauchscharter .....	50
3.11.13	Verbandkasten .....	50
3.11.14	Rettungsgerät .....	50
3.11.15	Warnsignale .....	51
3.11.15.1	Übersicht .....	52
<b>4</b>	<b>Baugruppen .....</b>	<b>55</b>
<b>4.1</b>	<b>Übersicht .....</b>	<b>55</b>
<b>4.2</b>	<b>Rotorblatt .....</b>	<b>56</b>
4.2.1	Komponenten im Rotorblatt .....	57
<b>4.3</b>	<b>Gondel .....</b>	<b>58</b>
4.3.1	Komponenten im Rotorkopf (1) .....	59
4.3.2	Komponenten im Rotorkopf (2) .....	60
4.3.3	Komponenten im Rotorkopf (3) .....	61
4.3.4	Komponenten im Generator .....	62
4.3.5	Komponenten am Dachmodul .....	63
4.3.6	Komponenten im Maschinenhaus (1) .....	64
4.3.7	Komponenten im Maschinenhaus (2) .....	65
4.3.8	Komponenten im Maschinenhaus (3) .....	66
4.3.9	Komponenten im Maschinenhaus (4) .....	67
4.3.10	Komponenten der Rotorarretierung .....	68
<b>4.4</b>	<b>Turm .....</b>	<b>69</b>
4.4.1	Komponenten im Turm (1) .....	69
4.4.2	Komponenten im Turm (2) .....	70



4.4.3	Komponenten im Turm (3)	72
<b>5</b>	<b>Bedien- und Anzeigeelemente</b>	<b>74</b>
5.1	Steuerschrank	74
5.2	Anlagendisplay am Steuerschrank	76
5.2.1	Anzeigebereich aktueller Betriebswerte	77
5.2.2	Anzeigebereich aktueller Betriebszustände	77
5.2.3	Hauptdisplay mit Funktionstasten und Ziffernblock	79
5.2.4	Statusmeldungen im Hauptdisplay	80
5.3	Gondelsteuerschrank	81
5.4	Statorunterverteilung	83
<b>6</b>	<b>Betrieb und Funktionen</b>	<b>86</b>
6.1	Stromerzeugung und -aufbereitung	86
6.2	Stromversorgung für den Eigenbedarf	86
6.3	Betriebsarten	87
6.4	Elektrische Konfiguration mit FACTS-Eigenschaften	88
6.5	Anlagenüberwachung	89
6.6	Fernüberwachung	92
6.7	Rotorblattverstellung	92
6.8	Windnachführung	94
6.9	Kabelentdrillung	95
6.10	Beleuchtung	95
6.11	Erwärmung elektrischer Komponenten	96
6.12	Gondelkühlung	96
6.13	Turmkühlung	97
6.14	Eisansatzerkennung und Blattheizung	99
6.14.1	Eisansatzerkennung nach dem ENERCON Kennlinienverfahren	99
6.14.2	Abtauen von Eisansatz ohne Blattheizung	100
6.14.3	Abtauen von Eisansatz mit Blattheizung	101
6.14.3.1	Blattheizung bei stehender Windenergieanlage	101
6.14.3.2	Blattheizung bei laufender Windenergieanlage	102
6.14.4	Eisansatzerkennung mit externen Systemen	103
6.14.5	Gondelpositionierung bei Eisansatz	103
6.15	Ausrüstung für extremes Klima	104
6.16	Ausrüstung für Extremwindgebiete	104
6.16.1	Windnachführung bei Netzausfall	105
6.16.2	Konstruktive Anpassungen	106
6.17	Brandschutzsystem	106
6.17.1	Technischer Brandschutz	106
6.17.2	Organisatorischer Brandschutz	107
6.17.3	Brandbekämpfung durch die Feuerwehr	108

6.18	Blitzschutzsystem .....	108
6.19	Sturmregelung .....	108
6.20	Schalloptimierung .....	109
6.21	Schattenabschaltung .....	109
6.22	Befuerung und farbliche Kennzeichnung .....	110
6.22.1	Befuerung .....	110
6.22.2	Farbliche Kennzeichnung .....	111
6.23	Sektor-Management .....	111
6.24	Fledermausschutz .....	112
6.25	BladeVision .....	112
7	Bedienung .....	114
7.1	Bedienung vorbereiten .....	114
7.2	Windnachführung bedienen .....	115
7.3	Windenergieanlage starten .....	116
7.4	Windenergieanlage anhalten .....	117
7.5	Rotorblätter in den Wind drehen .....	118
7.6	Rotorblätter aus dem Wind drehen .....	119
7.7	Störmeldung quittieren .....	121
7.8	Telefonieren .....	122
7.9	Rotorarretierung setzen und Zugang zum Rotorkopf freigeben .....	122
7.10	Zugang zum Rotorkopf sperren .....	127
7.11	Rotorarretierung lösen .....	129
7.12	Kran Gondel bedienen .....	130
7.12.1	Material und Werkzeug in die Gondel transportieren .....	132
7.12.2	Material und Werkzeug aus der Gondel transportieren .....	133
7.13	Bedienung abschließen .....	135
8	Begehung .....	136
8.1	Begehung vorbereiten .....	136
8.2	Sicherheitssteigleiter benutzen .....	137
8.2.1	Sicherheitssteigleiter bei seilgeführter Aufstiegshilfe benutzen .....	137
8.3	Aufstiegshilfe benutzen .....	139
8.3.1	Seilgeführte Aufstiegshilfe benutzen .....	139
8.4	Gondel begehen .....	141
8.5	Rotorkopf begehen .....	142
8.6	Dachmodul begehen .....	142
8.7	Begehung abschließen .....	143
9	Wartung .....	145
10	Reparatur, Nachrüstung und Austausch von Teilen .....	146



<b>11</b>	<b>Betriebsstörungen und Fehlerbehebung .....</b>	<b>147</b>
<b>12</b>	<b>Außerbetriebnahme, Demontage und Entsorgung .....</b>	<b>148</b>
<b>13</b>	<b>Technische Daten .....</b>	<b>149</b>
13.1	Allgemeine Daten .....	149
13.2	Betriebsdaten .....	150
13.3	Gondeldaten .....	152
13.4	Rotor- und Rotorblattverstellungsdaten .....	153
13.5	Generatordaten .....	154
13.6	Turmdaten .....	155
13.7	Auslegungsbedingungen .....	156
13.8	Typenschild .....	160

## Abkürzungsverzeichnis

<b>B2B</b>	Back-to-Back
<b>E-Modul</b>	Elektroleistungsmodul
<b>EPK</b>	ENERCON PartnerKonzept
<b>FACTS</b>	Flexible Alternating Current Transmission System (Flexibles Wechselstrom-Übertragungssystem)
<b>FRT</b>	Fault Ride Through (Durchfahren eines Netzfehlers)
<b>FT</b>	FACTS Transmission (elektrische Konfiguration mit FACTS-Eigenschaften)
<b>FTQ</b>	FACTS Transmission mit Option Q+ (elektrische Konfiguration mit erweitertem Blindleistungsstellbereich)
<b>FTQS</b>	FACTS Transmission mit Option Q+ und STATCOM-Option (elektrische Konfiguration mit erweitertem Blindleistungsstellbereich und STATCOM-Option)
<b>FTS</b>	FACTS Transmission mit STATCOM-Option (elektrische Konfiguration mit STATCOM-Option)
<b>HST</b>	Hybrid-Stahlurm
<b>HT</b>	Hybridturm
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Commission (Internationale Elektrotechnische Kommission)
<b>NH</b>	Nabenhöhe
<b>SCADA</b>	Supervisory Control and Data Acquisition (überwachende Steuerung und Datenerfassung)
<b>SIP</b>	Service Info Portal
<b>ST</b>	Stahlurm
<b>STATCOM</b>	Static compensator (statischer Kompensator)
<b>TES</b>	Trailing Edge Serration (Hinterkantenkamm)

# 1 Zu diesem Dokument

Dieses Dokument ist Bestandteil der Windenergieanlage. Es muss in der Windenergieanlage aufbewahrt werden und jederzeit zugänglich sein. Bei der Übergabe der Windenergieanlage an den Betreiber befindet sich das Dokument im Turmfuß, und zwar im Stationsordner im Steuerschrank.

**Weitere Dokumente** Dieses Herstellerdokument versteht sich als Informationsteilmenge in einem komplexen Umfeld. Situativ können wichtige Informationen in weiteren Dokumenten erforderlich sein, z. B. in Betreiberdokumenten oder in rechtlichen Regelungen.

**Mitgeltende Dokumente** Das Verzeichnis *Mitgeltende Dokumente* ist dem Inhaltsverzeichnis vorangestellt. Dort sind Dokumente aufgeführt, die aus Herstellersicht in Zusammenhang mit diesem Dokument beachtet werden müssen. Dazu gehören *Übergeordnete Normen und Richtlinien* sowie *Zugehörige Dokumente*, die den Inhalt dieses Dokuments ergänzen oder näher erläutern. *Zugehörige Dokumente* verstehen sich als Teil dieses Dokuments.

**EG-/EU-Konformitätserklärung** Die im Verzeichnis *Mitgeltende Dokumente* aufgeführte EG-/EU-Konformitätserklärung ist ein Muster. Die rechtlich gültige, mit Seriennummer der Windenergieanlage und Unterschrift des Herstellers versehene EG-/EU-Konformitätserklärung wird dem Betreiber bei der Übergabe der Windenergieanlage ausgehändigt.

**Beschreibung verschiedener Varianten** Dieses Dokument beschreibt auch optionale Komponenten. Der tatsächliche Lieferumfang kann bei Sonderausführungen, bei Weglassen optionaler Komponenten oder aufgrund neuester technischer Änderungen von den hier beschriebenen Erläuterungen und Darstellungen abweichen.

**Abstrakte bildliche Darstellungen** Die Abbildungen dienen dem grundsätzlichen Verständnis und können von der tatsächlichen Ausführung der Windenergieanlage geringfügig abweichen. Gelegentlich ist die Darstellung vereinfacht, um die Verständlichkeit zu erhöhen.

**Technischer Dienstleister** In diesem Dokument ist ausschließlich der ENERCON Service als technischer Dienstleister erwähnt. Wenn der Betreiber einen anderen Dienstleister mit der Wartung oder mit sonstigen Arbeiten beauftragt hat, ist ENERCON Service durch dessen Namen zu ersetzen.

## 1.1 Zielgruppen und Zweck

**Zielgruppen** Die Zielgruppen dieses Dokuments sind:

- Eigentümer der Windenergieanlage
- Betreiber der Windenergieanlage
- Personen, die vom Eigentümer oder Betreiber dazu autorisiert sind, die Windenergieanlage zu begehen oder darin zu arbeiten

- Zweck** Dieses Dokument dient folgenden Zwecken:
- Grundlegende Funktionen der Windenergieanlage verstehen.
  - Gefahren verstehen und vermeiden.
  - Komponenten und ihre Einbauorte in der Windenergieanlage identifizieren.
  - Bestimmte Bereiche der Windenergieanlage begehen, soweit wie es in diesem Dokument beschrieben ist.
  - Bedienhandlungen ausführen, die in diesem Dokument beschrieben sind.
  - Technische Daten nachschlagen.

## 1.2 Hinweise zur Textgestaltung

### Darstellung ergänzen- der Hinweise



Ergänzende, dem besseren Verständnis dienende Hinweise werden mit grauen Linien abgesetzt und mit diesem Symbol gekennzeichnet.

- ✓ Kennzeichnet eine Voraussetzung für die anschließend genannten Handlungsschritte.
- 1. (Nummerierung) kennzeichnet je nach Kontext Aufzählungen oder Handlungsschritte.
- ⇒ Kennzeichnet Anweisungen in Sicherheitshinweisen.
- ↪ Kennzeichnet die erwartete Folge einer Handlung.

**Kursive Schrift** Kennzeichnet Bezeichnungen von Dingen und Meldungen, wenn es auf deren wörtliche Wiedergabe ankommt, sowie zitierte Überschriften.

**„Anführungszeichen“** Kennzeichnen Textteile, die vom laufenden Fließtext abgesetzt sein sollen, z. B. Zitate, besondere Ausdrücke und Dokumenttitel.

**Schriftart Code** Kennzeichnet textliche, von der Software generierte Meldungen auf Displays; Beispiel:

- Es erscheint die Statusmeldung `Anlage bereit`.

## 1.3 Kontaktdaten

**Hersteller** ENERCON GmbH  
 Dreekamp 5  
 26605 Aurich  
 Deutschland  
 Telefon: +49 4941 927-0  
 Fax: +49 4941 927-109

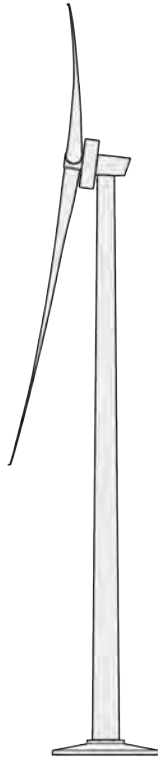
[www.enercon.de](http://www.enercon.de)

**Ansprechpartner** Der ENERCON Service ist rund um die Uhr über die Telefonnummer der zuständigen Servicestation erreichbar.

Die Telefonnummer und andere Daten können im ENERCON SIP im Internet unter der Adresse <https://sip.enercon.de> abgerufen werden.

ENERCON ist stets an neuen Informationen und Erfahrungen interessiert, die sich aus dem Einsatz seiner Produkte ergeben und die für die stetige Verbesserung der Produkte wertvoll sein können.

## 2 Produktübersicht



**Abb. 1: Produktübersicht**

Die Windenergieanlage erzeugt elektrische Energie aus Wind. Der anströmende Wind bewirkt, dass der Rotor sich im Uhrzeigersinn dreht. Die Drehbewegung wird in elektrische Energie umgewandelt. Die Windenergieanlage arbeitet automatisch.

Die Windenergieanlage besteht im Wesentlichen aus dem Turm, der drehbaren Gondel mit verstellbaren Rotorblättern und elektrischen Komponenten zur Erzeugung und Aufbereitung der elektrischen Energie.



## 3 Sicherheit



### 3.1 Sicherheitsbezogene Informationen

Sicherheitsbezogene Informationen werden wie folgt eingeteilt:

<b>Sicherheitshinweise</b>	Die gesamten Inhalte von Kap. 3, S. 15 verstehen sich als Sicherheitshinweise. Sicherheitshinweise geben eine Orientierung und dienen der Vorab-Information. Sie ermöglichen grundlegende Maßnahmen und sicherheitsgerichtetes Verhalten, um Verletzungen und Schäden zu vermeiden.
<b>Warnhinweise</b>	Warnhinweise warnen vor Gefahren in konkreten Handlungssituationen. Dementsprechend befinden sich Warnhinweise in diesem Dokument an den jeweils relevanten Stellen. Durch konkrete Maßnahmen ermöglichen sie es, sicherheitsgerichtetes Verhalten direkt umzusetzen, d. h. Verletzungen und Schäden zu vermeiden.
<b>Sicherheitsbeschilderung</b>	An der Windenergieanlage sind Schilder angebracht, die vor Gefahren warnen und Hinweise zum richtigen Verhalten geben. Weitere Informationen sind im Dokument D0806256 „Technische Beschreibung Beschilderung E-115 EP3 E3“ zu finden.

#### 3.1.1 Gefahrenstufen in Warnhinweisen

Warnhinweise werden durch Signalworte eingeleitet, die das Ausmaß der Gefährdung zum Ausdruck bringen.

	<b>⚠ GEFAHR</b> ... weist auf eine unmittelbar gefährliche Situation hin, die zum Tod oder zu schweren Verletzungen führt, wenn sie nicht gemieden wird.
	<b>⚠ WARNUNG</b> ... weist auf eine möglicherweise gefährliche Situation hin, die zum Tod oder zu schweren Verletzungen führen kann, wenn sie nicht gemieden wird.
	<b>⚠ VORSICHT</b> ... weist auf eine möglicherweise gefährliche Situation hin, die zu geringfügigen oder leichten Verletzungen führen kann, wenn sie nicht gemieden wird.
	<b>ACHTUNG</b> ... weist auf eine möglicherweise gefährliche Situation hin, die zu Sach- und/oder Umweltschäden führen kann, wenn sie nicht gemieden wird.

### 3.1.2 Piktogramme in Warnhinweisen

Warnhinweise enthalten Piktogramme, die die Art der Gefahr bezeichnen.



Allgemeines Warnzeichen



Warnung vor Absturzgefahr



Warnung vor Handverletzungen



Warnung vor Hindernissen am Boden

## 3.2 Bestimmungsgemäße Verwendung

Die Windenergieanlage ist ausschließlich bestimmt für:

- die Erzeugung elektrischer Energie aus Windenergie
- die Einspeisung der elektrischen Energie in das Stromnetz

Je nach Konfiguration kann die Windenergieanlage außerdem netzstützende Aufgaben wie Blindleistungskompensation übernehmen.

Zur bestimmungsgemäßen Verwendung gehören ebenfalls:

- die Benutzung und inhaltliche Anwendung der Betriebsanleitung
- alle erforderlichen Instandhaltungsarbeiten

Die Windenergieanlage ist eine begehbare Maschine und eine abgeschlossene elektrische Betriebsstätte gemäß IEC 60204-1:2005.

### Missbräuchliche Verwendung

Eine missbräuchliche Verwendung der Windenergieanlage ist verboten. Durch missbräuchliche Verwendung können erhebliche Personen- und Sachschäden entstehen. Bei missbräuchlicher Verwendung sind Ansprüche gegen ENERCON ausgeschlossen.

Bei folgenden Sachverhalten handelt es sich um missbräuchliche Verwendung:

- grundsätzlich jede Nutzung, die nicht der bestimmungsgemäßen Verwendung entspricht
- Manipulation von Sicherheitseinrichtungen, so dass diese unwirksam sind
- falscher Umgang mit Sicherheitseinrichtungen, so dass diese unwirksam sind
- eigenmächtige Ein- und Umbauten, die die Sicherheit negativ beeinflussen

- Einsatz nicht zugelassener Hilfs-, Betriebs- und Schmierstoffe
- Verwendung von Anlagenteilen und -komponenten als Tritt- oder Stellfläche, die dafür nicht vorgesehen sind

Konkrete Beispiele für missbräuchliche Verwendung sind:

- im Rotorkopf bei nicht gesetzter Rotorarretierung arbeiten
- Taster an der Bedieneinheit des Krans Gondel festklemmen
- Materialien in der Windenergieanlage lagern
- Windenergieanlage als Absprungplattform für Extremsportarten benutzen
- Veranstaltungen in der Windenergieanlage durchführen
- Windenergieanlage als Aufenthaltsraum benutzen
- Windenergieanlage als Flugrevier für Hobby-Modellflug benutzen, z. B. für Drohnenrennen

Die Manipulation von Sicherheitseinrichtungen und das eigenmächtige Durchführen von Ein- und Umbauten können zum Verlust der Konformität gemäß der geltenden Konformitätserklärung führen.

### 3.3 Verantwortung des Betreibers

Hier werden Betreiberpflichten genannt. Bei der Erfüllung der Betreiberpflichten kann ENERCON den Betreiber unterstützen.

#### **Bestimmungen der Arbeitssicherheit einhalten**

Die Windenergieanlage wird im Regelfall gewerblich eingesetzt. Daher unterliegt der Betreiber den gesetzlichen Bestimmungen zur Arbeitssicherheit.

#### **Betriebsanleitung vorhalten und verstehen**

Der Betreiber muss sicherstellen, dass alle Mitarbeiter, die die Windenergieanlage bedienen oder sonstige Arbeiten in oder an der Windenergieanlage ausführen, diese Betriebsanleitung und die mitgelieferten Dokumente gelesen und verstanden haben.

Der Betreiber ist dafür verantwortlich, dass diese Betriebsanleitung und die mitgelieferten Dokumente jederzeit vollständig und in gut lesbarem Zustand in der Windenergieanlage vorhanden sind. Die Betriebsanleitung muss unmittelbar sichtbar oder an einem vereinbarten, leicht zugänglichen Ort abgelegt sein.

Sollte die Betriebsanleitung beschädigt, unleserlich geworden oder abhandengekommen sein, muss sie der Betreiber ersetzen. Ein Ersatzexemplar ist bei ENERCON erhältlich.

#### **Betriebsanweisungen erstellen**

Der Betreiber muss sich über die am Aufstellort der Windenergieanlage geltenden Arbeitsschutzbestimmungen informieren und zusätzlich in einer Gefährdungsbeurteilung Gefahren ermitteln, die sich durch die speziellen Arbeitsbedingungen am Aufstellort der Windenergieanlage ergeben. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse muss er in Form von Betriebsanweisungen für den Betrieb der Windenergieanlage umsetzen.

Der Betreiber muss Zuständigkeiten eindeutig festlegen, z. B. für Bedienung, Wartung, Reparatur und Reinigung. Der Betreiber muss außerdem Regelungen zu permanent verfügbarem Bereitschaftspersonal festlegen.

### **Schulungen durchführen**

Der Betreiber muss alle Personen, die die Windenergieanlage betreten sollen und keine Mitarbeiter von ENERCON oder einem anderen Fachbetrieb sind, regelmäßig gemäß den am Aufstellort der Windenergieanlage geltenden gesetzlichen Bestimmungen und Unfallverhütungsvorschriften unterweisen.

Die Unterweisungen müssen den Umgang mit den Komponenten einschließen, die in gesonderten Dokumenten beschrieben sind. Dies können z. B. Dokumente von Zulieferern sein.

Die Unterweisungen müssen das Verhalten bei Unfällen und in Gefahrensituationen einschließen. Dazu gehören auch Erste Hilfe-Maßnahmen, der Umgang mit Feuerlösch- und Rettungseinrichtungen und Vorgehensweisen bei der Unfall- und Brandmeldung.

Der Betreiber muss den vorstehend genannten Personen die erforderliche persönliche Schutzausrüstung zur Verfügung stellen und sie im Umgang damit trainieren.

Der Betreiber muss die Durchführung der Unterweisungen und des Trainings dokumentieren.

### **Einwandfreier Zustand der Windenergieanlage**

Der Betreiber ist dafür verantwortlich, dass die Windenergieanlage stets in einwandfreiem Zustand ist.

Abweichungen vom Soll-Zustand müssen von Fachleuten beurteilt werden. Bei Unregelmäßigkeiten, Problemen oder Schäden ist es die Pflicht des Betreibers, Vorgehensweisen festzulegen. Hierzu können beispielsweise Meldewege und Maßnahmenpläne gehören.

Der Betreiber soll ENERCON über Unregelmäßigkeiten, Probleme und Schäden, die er an der Windenergieanlage feststellt, unverzüglich informieren. Dies gilt insbesondere, wenn sicherheitsrelevante Komponenten betroffen sind oder der Betreiber nicht in der Lage ist, die Folgen eines Schadens zu beurteilen.

### **Schutzmaßnahmen bei möglichem Eiswurf/Eisfall**

Der Betreiber ist verpflichtet, als Schutzmaßnahme bei möglichem Eiswurf/Eisfall den standortspezifischen Gefahrenbereich zu ermitteln und ggf. durch Aufstellen von Warnschildern zu kennzeichnen. Eine Verfahrensanweisung zum Aufstellen der Warnschilder befindet sich im Stationsordner und ist unter *Mitgeltende Dokumente* aufgeführt.

### **Sicherheitseinrichtungen überprüfen**

Der Betreiber muss alle Sicherheitseinrichtungen regelmäßig auf Funktionsfähigkeit und Vollständigkeit überprüfen oder vom ENERCON Service überprüfen lassen.

Der Betreiber muss dafür sorgen, dass die elektrischen Komponenten der Sicherheitseinrichtungen nach 20 Jahren wieder für die restliche Lebensdauer der Windenergieanlage überarbeitet werden. Dies kann durch einen Proof-Test (vgl. DIN EN ISO 13849-1:2018) oder einen Komponententausch sichergestellt werden.

Werden elektrische Komponenten der Sicherheitseinrichtungen vor dieser Zeit ausgetauscht, ist der Austausch dauerhaft (bis zum Lebensdauerende der Windenergieanlage) zu dokumentieren.

**Wartungen durchführen  
und Tätigkeiten proto-  
kollieren**

Der Betreiber muss dafür sorgen, dass die vorgesehenen Wartungen planmäßig durchgeführt werden. Der Betreiber muss sicherstellen, dass alle Tätigkeiten an der Windenergieanlage protokolliert werden. Folgende Angaben sind zwingend erforderlich:

**Windenergieanlagenbezogene Angaben**

- Standort und Betreiber
- Hersteller, Typ und Seriennummer
- Seriennummern von Rotorblättern, Generator und Turm
- Gesamtbetriebsstunden und erzeugte Energie

**Tätigkeitsbezogene Angaben**

- Namen der Durchführenden, wenn zutreffend: Namen weiterer Anwesender
- Datum, Uhrzeit und Dauer
- Beschreibung des Umfangs der Tätigkeiten
- wenn zutreffend: getauschte Teile
- Windgeschwindigkeit und Temperatur während der Tätigkeiten
- resultierende Informationen, z. B. Prüfergebnisse, erforderliche Maßnahmen

**Persönliche Schutzaus-  
rüstung prüfen**

Der Betreiber muss die persönliche Schutzausrüstung des Personals gemäß Vorschrift prüfen und pflegen. Schadhafte Teile müssen ersetzt werden.

**Auflagen aus Baugenehmigung einhalten**

Der Betreiber muss die Auflagen aus der Typenprüfung und der Baugenehmigung der Windenergieanlage einhalten. Dies können z. B. vorgeschriebene wiederkehrende Prüfungen der Windenergieanlage durch einen Sachverständigen sein, den der Betreiber beauftragen muss.

**Meldepflicht bei Befeu-  
rungsausfall**

Der Betreiber muss einen Ausfall der Hindernis- oder Gefahrenbe-  
feuerung unverzüglich der zuständigen Luftfahrtstelle (z. B. der Deut-  
schen Flugsicherung) melden.

**Feuerlöscher prüfen**

Der Betreiber muss die Funktionsfähigkeit der Feuerlöscher in der Windenergieanlage regelmäßig prüfen lassen. Dabei sind die gel-  
tenden lokalen Vorschriften zu beachten.

**Schilder erneuern**

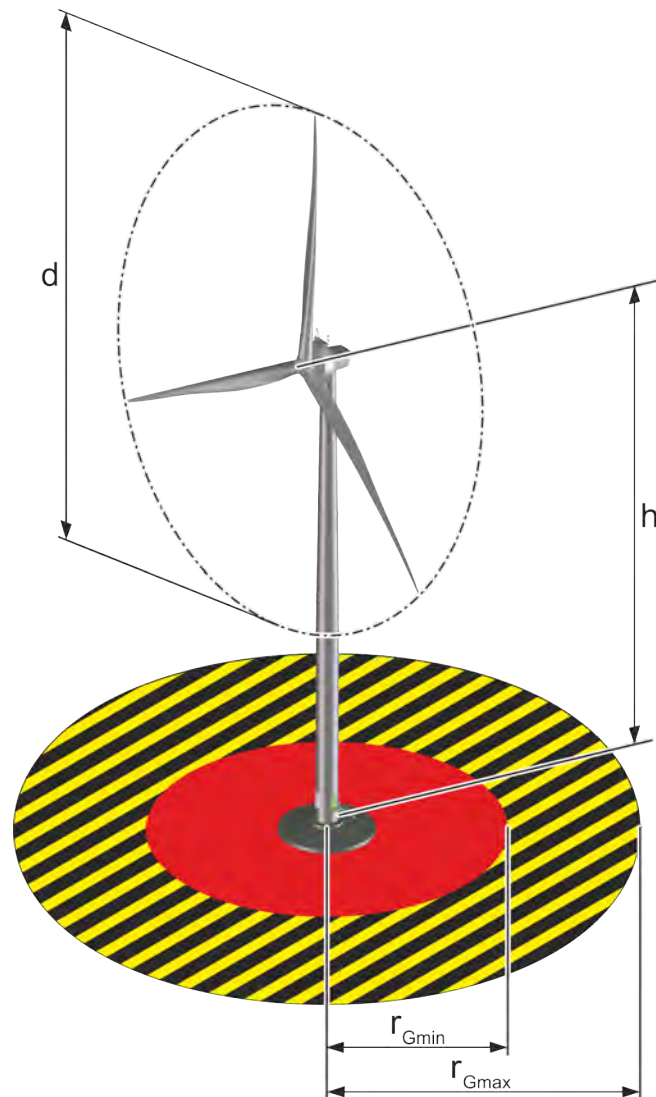
Der Betreiber muss alle Schilder oder Aufkleber, die sich in schlecht  
lesbarem Zustand befinden oder abhandengekommen sind, umge-  
hend erneuern. Dies gilt insbesondere für die Sicherheitsbeschilder-  
ung.

**Arbeitsräume und Ret-  
tungswege freihalten**

Der Betreiber muss die Arbeitsräume und Rettungswege frei und in  
einwandfreiem Zustand halten.

### 3.4 Gefahrenbereich

Außerhalb der Wind-  
energieanlage



**Abb. 2: Gefahrenbereich außerhalb der Windenergieanlage**

h	Nabenhöhe
d	Rotordurchmesser
$r_{Gmin}$	Radius minimaler Gefahrenbereich = $0,5 \times d$
$r_{Gmax}$	Radius maximaler Gefahrenbereich = $1,5 \times (h + d)$

Der Gefahrenbereich außerhalb der Windenergieanlage ist u. a. abhängig von der Windgeschwindigkeit und der Rotordrehzahl. Die Größe des Gefahrenbereichs variiert deshalb situationsbedingt.

- Der minimale Gefahrenbereich  $G_{min}$  der Windenergieanlage befindet sich innerhalb eines horizontalen Kreises mit dem Turm als Mittelpunkt. Der Radius dieses Kreises ergibt sich aus dem Rotordurchmesser nach folgender Formel:  
 $r_{Gmin} = 0,5 \times d$ .
- Der maximale Gefahrenbereich  $G_{max}$  der Windenergieanlage befindet sich innerhalb eines horizontalen Kreises mit dem Turm als Mittelpunkt. Der Radius dieses Kreises ergibt sich aus dem Rotor-



durchmesser und der Nabenhöhe nach folgender Formel:

$$r_{\text{Gmax}} = 1,5 \times (h + d).$$

Die Formel gibt Erfahrungswerte an für die mögliche Wurfweite von Teilen, z. B. Eisstücken.

Der Betreiber muss anhand einer standortspezifischen Risikobeurteilung den standortspezifischen Gefahrenbereich ermitteln. Dies gilt besonders für ein eventuell vorhandenes Eiswafrisiko. Insbesondere aus behördlichen Anordnungen kann sich eine Pflicht zur Aufstellung von Warnschildern ergeben.

### **Innerhalb der Windenergieanlage**

Der Gefahrenbereich innerhalb der Windenergieanlage ist die gesamte Windenergieanlage, d. h. die Innenbereiche von Fundament, Turm, Gondel und Rotorblättern. Die Windenergieanlage ist durch eine abschließbare Tür verriegelt. Von der Innenseite kann die Tür über ein Panikschloss jederzeit geöffnet werden. Bei der Windenergieanlage handelt es sich um eine abgeschlossene elektrische Betriebsstätte.

Die Informationen zum Gefahrenbereich innerhalb der Windenergieanlage gelten für die von ENERCON gelieferte technische Ausrüstung. Bei Veränderung oder Erweiterung der technischen Ausrüstung muss der Gefahrenbereich anhand einer neuen Risikobeurteilung erneut ermittelt werden.

## **3.5 Personalanforderungen**

### **3.5.1 Zulässige Personen**

Personen, die die Windenergieanlage betreten, müssen folgende Grundvoraussetzungen erfüllen:

- Die Personen müssen die notwendige Qualifikation für die auszuführenden Tätigkeiten besitzen und von ihrem Vorgesetzten autorisiert sein.
- Die Personen müssen gemäß geltender orts- und berufsspezifischer Vorschriften geeignet sein. In Deutschland benötigen Personen, die im Turm aufsteigen, beispielsweise die bestandene arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G41, „Arbeiten mit Absturzgefahr“.
- Die Personen müssen gesund und körperlich fit sein.

### **3.5.2 Unzulässige Personen**

Folgende Personen dürfen die Windenergieanlage nicht betreten:

- Personen, die die Grundvoraussetzungen nicht erfüllen
- Personen mit herabgesetzter Handlungsfähigkeit durch Medikamente, Alkohol oder andere Drogen
- Personen mit einem Herzschrittmacher oder einer Insulinpumpe

### **3.5.3 Qualifikationsstufen**

Aufbauend auf den Grundvoraussetzungen für zulässige Personen sind die 3 Qualifikationsstufen A, B und C definiert:

**Qualifikationsstufe A** Hierbei handelt es sich um Personen, die keine oder geringe Vorkenntnisse über die Windenergieanlage und mögliche Gefahren haben. Diese Personen sind Laien. Sie dürfen die Windenergieanlage und den Gefahrenbereich außerhalb der Windenergieanlage nur unter permanenter Aufsicht einer Person der Qualifikationsstufe B oder C betreten. Der Betreiber muss diese Personen vorab über Risiken und richtiges Verhalten informieren.

**Qualifikationsstufe B** Hierbei handelt es sich um Personen, die die erforderlichen Kenntnisse und Fähigkeiten haben, um die Windenergieanlage sicher zu bedienen und zu begehen, so wie es in diesem Dokument beschrieben ist.

**Qualifikationsstufe C** Hierbei handelt es sich um qualifizierte Personen, die spezielle Arbeiten an der Windenergieanlage sicher durchführen können, z. B. Wartungsarbeiten, Reparaturen oder Störungsbehebungen. Diese Personen müssen alle dafür erforderlichen Kenntnisse, Fähigkeiten und Berechtigungen haben. Die Tätigkeiten, die Personen der Qualifikationsstufe C durchführen können, gehen über die Inhalte dieses Dokuments hinaus.

Die nachstehende Tabelle erläutert die Qualifikationsstufen, indem sie den Qualifikationsstufen bestimmte Merkmale zuordnet.

**Tab. 1: Merkmale der Qualifikationsstufen**

Merkmale	A	B	C
Die Person ist über Risiken und richtiges Verhalten informiert.	X	X	X
Die Person wird von einer Person der Qualifikationsstufe B oder C begleitet und beaufsichtigt.	X		
Die Person ist durch den Betreiber über mögliche Gefahren und deren Vermeidung informiert. Sie kann Gefahren vermeiden, die von der Elektrizität ausgehen. In Europa ist eine Mindestqualifikation als elektrotechnisch unterwiesene Person gemäß EN 50110-1: 2013-03 nötig.		X	X
Die Person ist aufgrund der fachlichen Ausbildung, der Kenntnisse und Erfahrungen in der Lage, die Windenergieanlage sicher zu bedienen und begehen. Sie kann mögliche Gefahren dabei selbstständig erkennen und vermeiden.		X	X
Die Person ist aufgrund der fachlichen Ausbildung, der Kenntnisse und Erfahrungen in der Lage, die ihr übertragenen Tätigkeiten sicher auszuführen. Die Person hat tiefgehendes Spezialwissen für die durchzuführenden Tätigkeiten und kann mögliche Gefahren dabei selbstständig erkennen und vermeiden. Sie kann u. a. Arbeiten an der elektrischen Ausrüstung ausführen.			X

### 3.5.4 Erforderliche Schulungen

Für das Erreichen der Qualifikationsstufen B und C sind verschiedene Schulungen erforderlich, beispielsweise für die Benutzung der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz, der Sicherheitssteigleiter oder der Aufstiegshilfe. ENERCON berät gerne hierzu und bietet ein umfangreiches Schulungsprogramm an, das unter [www.enercon.de](http://www.enercon.de) zu finden ist.

## 3.6 Persönliche Schutzausrüstung

### 3.6.1 Aufgaben des Betreibers

Die folgenden Aufgaben liegen in der Verantwortung des Betreibers.

- Die Gefährdungen beurteilen, ausgehend davon die jeweils geeignete persönliche Schutzausrüstung zur Verfügung stellen. Dabei sicherstellen, dass Rettungsgeräte in ausreichender Zahl vor Ort verfügbar sind.
- Die jeweils gültigen Vorschriften berücksichtigen.
- Dafür sorgen, dass die persönliche Schutzausrüstung sicher und korrekt benutzt wird. Dies schließt ein:
  - Die Nutzer regelmäßig schulen.
  - Die Nutzer anweisen, die persönliche Schutzausrüstung vor jedem Gebrauch einer Sicht- und Funktionsprüfung zu unterziehen und nur einwandfreie persönliche Schutzausrüstung zu benutzen.
  - Die persönliche Schutzausrüstung in vorgegebenen Intervallen durch einen Sachverständigen prüfen lassen.

### 3.6.2 Stets erforderliche persönliche Schutzausrüstung

Im Gefahrenbereich der Windenergieanlage ist nachfolgende persönliche Schutzausrüstung stets erforderlich.



#### Kopfschutz

Schutz des Kopfs vor herabfallenden Gegenständen und vor Anschlägen bei Stürzen oder unter beengten Verhältnissen.



#### Fußschutz

Schutz vor Fußverletzungen durch Gegenstände oder durch den Kontakt mit heißen oder chemischen Materialien.

### 3.6.3 Situationsabhängig erforderliche persönliche Schutzausrüstung

Im Gefahrenbereich der Windenergieanlage ist nachfolgende persönliche Schutzausrüstung situationsabhängig erforderlich.

**Arbeitsschutzkleidung**

Eng anliegende Arbeitskleidung mit geringer Reißfestigkeit, mit engen Ärmeln und ohne abstehende Teile.

**Handschutz**

Schutz vor Handverletzungen durch Gegenstände oder den Kontakt mit heißen oder chemischen Materialien.

**Gehörschutz**

Schutz vor Gehörschäden durch laute Geräusche.

**Schutzbrille**

Schutz der Augen vor herabfallenden kleinen Gegenständen, Schmutzpartikeln und Funkenflug.

**Persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz**

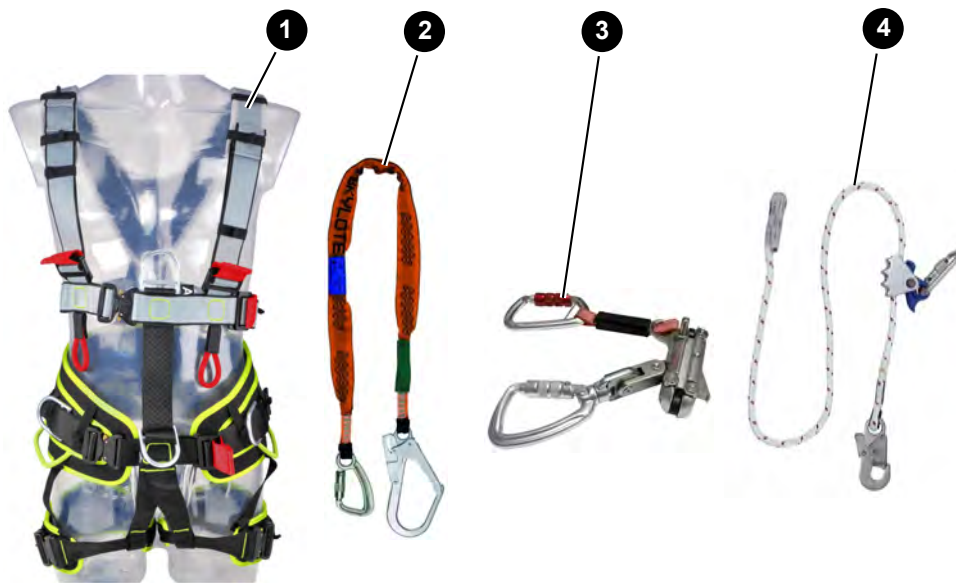
Schutz vor Absturz.

**Rettungsgerät**

Zum Abseilen von verletzten Personen oder zur Evakuierung der Windenergieanlage.

### 3.6.4 Beispiel für eine persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz

Die nachfolgende persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz ist ein Beispiel. Die Auswahl einer geeigneten persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz ist Aufgabe des Betreibers.



**Abb. 3: Beispiel für eine persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz**

1	Auffanggurt	2	Verbindungsmittel mit Falldämpfer
3	mitlaufendes Auffanggerät	4	Halteseil

**Auffanggurt** Der Auffanggurt wird am Körper getragen und verteilt die bei einem Sturz auftretenden Kräfte. Nach dem Sturz hält der Auffanggurt den Träger in aufrechter Position.

**Verbindungsmittel mit Falldämpfer** Die Falldämpfer sind 2x vorhanden und reduzieren die bei einem Sturz auftretenden Kräfte.

**Mitlaufendes Auffanggerät** Das mitlaufende Auffanggerät läuft an der Sicherheitssteigleiter mit, sodass eine feste Führung gewährleistet ist.

**Halteseil** Das Halteseil dient als Unterstützung bei der sicheren Arbeitsplatzpositionierung.

### 3.7 Gefahren in und an der Windenergieanlage

Die Windenergieanlage ist so konstruiert, dass Gefahren für Personen auf ein Minimum reduziert sind. Einige Gefahren verbleiben jedoch auch, nachdem herstellerseitig alle geeigneten und erforderlichen konstruktiven Schutzmaßnahmen getroffen worden sind.

#### 3.7.1 Gefahren in der gesamten Windenergieanlage

Die in diesem Kapitel genannten Gefahren betreffen mehrere oder alle Bereiche der Windenergieanlage.

##### **Absturz**

Es besteht Absturzgefahr in oder von der Windenergieanlage. Absturz führt in der Regel zu schweren Verletzungen oder zum Tod.

- ⇒ Beim Aufstieg im Turm sowie in jeder anderen mit Absturzgefahr verbundenen Situation die persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz benutzen.
- ⇒ Die persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz ausschließlich an definierten Anschlagpunkten zur Personensicherung anschlagen. Mit Ausnahme der Sicherheitssteigleiter sind alle Anschlagpunkte zur Personensicherung gelb markiert.
- ⇒ Beim Auf- und Abstieg im Turm wenn möglich beide Hände zum Festhalten an der Sicherheitssteigleiter benutzen. Keine Gegenstände in den Händen halten.

### **Enge Räume**

In engen Räumen können Gefährdungen wie Zwangshaltungen, erhöhte körperliche Belastungen, erhöhte elektrische Gefährdungen und Anstoßgefahr entstehen.

- ⇒ Nicht länger als nötig in engen Räumen aufhalten.
- ⇒ Nicht unbeaufsichtigt in engen Räumen aufhalten.
- ⇒ Rettungsmöglichkeiten sicherstellen.
- ⇒ Eine Verständigungsmöglichkeit zum Sicherungsposten sicherstellen, um jederzeit Rettungsmaßnahmen einleiten zu können.

### **Herabfallende Gegenstände**

Material und Gegenstände können unkontrolliert herabfallen und zu schweren Verletzungen oder zum Tod führen.

- ⇒ In und an der Windenergieanlage Schutzhelm tragen.
- ⇒ Werkzeuge, Materialien, Schlüssel und andere lose Gegenstände in reißfesten, eng anliegenden Umhängetaschen transportieren und gegen Herausfallen sichern.
- ⇒ Größere Werkzeuge und Materialien mit dem Kran Gondel transportieren.
- ⇒ Lasten beim Transport mit dem Kran Gondel mit einem Führungsseil sichern. Dabei ausreichenden Abstand zum Turm halten.
- ⇒ Bei einem Aufstieg von mehreren Personen können diese in einem geringen Abstand zueinander aufsteigen.
- ⇒ Bei einem Aufstieg von mehreren Personen in einem größeren Abstand abwarten, bis die nächste Person einen Turmboden erreicht hat und die Bodenluke verschlossen ist.
- ⇒ Nicht an der Sicherheitssteigleiter aufhalten, wenn dort Personen auf- oder absteigen.

### **Herumliegende Gegenstände**

Ungeordnet herumliegende Gegenstände (Werkzeuge, Gefäße, Arbeitshilfen etc.) und Schmutz können Ursache für Stolpern, Ausrutschen und Stürze sein und den Fluchtweg versperren. Stürze können zu erheblichen Verletzungen führen (Aufschlagen auf Kanten, Sturz in spannungsführende Bauteile etc.).

- ⇒ Die Arbeitsumgebung aufgeräumt halten.
- ⇒ Schmutz und Arbeitsabfälle unverzüglich entfernen.
- ⇒ Die Fluchtwege freihalten.



### **Kanten und Ecken**

Konstruktionselemente und Einbauten in der Windenergieanlage können scharfe Kanten und Ecken aufweisen. Anfassen und Anstoßen an solchen Stellen kann zu Verletzungen führen.

- ⇒ Beim Arbeiten in der Nähe von Kanten und Ecken besonders umsichtig vorgehen und schnelle Bewegungen vermeiden.
- ⇒ Beim Aufsteigen im Turm an der Sicherheitssteigleiter und nach Bedarf Schutzhandschuhe tragen.

### **Elektrischer Strom**

Das Berühren spannungsführender Bauteile kann schwere bis tödliche Verletzungen verursachen. Schaltschränke dürfen nicht geöffnet werden. Ausnahme ist der Steuerschrank, wenn der Stationsordner herausgenommen oder zurückgelegt wird.

- ⇒ Schaltschränke geschlossen halten.
- ⇒ Feuchtigkeit von spannungsführenden Teilen fernhalten.
- ⇒ Schaltschränke dürfen nur von Personen der Qualifikationsstufe C geöffnet werden.

### **Sicherheitseinrichtungen**

Die Sicherheit ist nur bei intakten Sicherheitseinrichtungen gewährleistet.

- ⇒ Sicherheitseinrichtungen nicht außer Kraft setzen.
- ⇒ Sicherstellen, dass Sicherheitseinrichtungen wie Not-Halt-Taster zugänglich sind.
- ⇒ Sicherstellen, dass die Schutzverkleidungen richtig montiert sind.
- ⇒ Vor Arbeitsbeginn die Sicherheitseinrichtungen überprüfen und offensichtlich defekte Sicherheitseinrichtungen ersetzen oder reparieren lassen.
- ⇒ Sicherheitseinrichtungen im Rahmen der Wartung regelmäßig prüfen lassen.

### **Warnsignale**

Der Ausfall von Warnsignalen kann dazu führen, dass Personen im Falle einer Gefahrensituation nicht gewarnt werden und sich nicht rechtzeitig in Sicherheit bringen können.

- ⇒ Bei jedem Betreten der Windenergieanlage die Warnsignale prüfen.

### **Fehlende Dokumentation**

Diese Betriebsanleitung sowie die Dokumentation von weiteren Komponenten wie Aufstiegshilfe, Sicherheitssteigleiter und Kran Gondel müssen dem Personal zugänglich sein und vor Betreten der Windenergieanlage gelesen und verstanden worden sein. Fehlende Dokumentation führt zu fehlenden Informationen und somit zu Gefahren für Personen.

- ⇒ Die Dokumentation zugänglich aufbewahren.
- ⇒ Die Dokumentation vor Betreten der Windenergieanlage oder Benutzung der jeweiligen Komponente lesen.

- ⇒ Fehlende Dokumentation ergänzen.

### **Heiße Oberflächen**

Verschiedene Komponenten der Windenergieanlage, z. B. der Generator und bestimmte Bauteile in den Schaltschränken, können im Betrieb heiß werden. Das Berühren dieser Teile kann zu Verbrennungen der Haut führen.

- ⇒ Heiße Oberflächen nicht ungeschützt berühren.

### **Lärm**

Der Betrieb der Windenergieanlage ist insbesondere bei höheren Windgeschwindigkeiten mit starken Geräuschen innerhalb der Windenergieanlage verbunden. Bei längerer Einwirkung oder durch plötzliche Lärmspitzen besteht die Gefahr bleibender Gehörschäden.

- ⇒ Bei Betreten der Windenergieanlage die Windenergieanlage anhalten.
- ⇒ Bei Lärm Gehörschutz benutzen.

## **3.7.2 Gefahren bei besonderen Wetterlagen**

### **Wartungswindgeschwindigkeit**

Bei Überschreitung der Wartungswindgeschwindigkeit kann die Gondel schwingen, wodurch Personen stolpern und stürzen können.

Bei Überschreiten der Wartungswindgeschwindigkeit von 23 m/s im 10-min-Mittelwert erfolgt eine Alarmierung.

- ⇒ Die Gondel verlassen und im Turm absteigen.
- ⇒ Die Aufstiegshilfe nicht benutzen.
- ⇒ Die Windenergieanlage in den automatischen Betrieb schalten und verlassen.

### **Hohe Temperaturen**

Unter bestimmten klimatischen Bedingungen kann die Temperatur in der Windenergieanlage auf ca. 50 °C steigen. Hoher Flüssigkeitsverlust durch Schwitzen kann die Gesundheit und die Konzentrationsfähigkeit negativ beeinflussen.

- ⇒ Bei hohen Temperaturen Aufenthalt in der Windenergieanlage vermeiden.
- ⇒ Bei längerem Aufenthalt in der Windenergieanlage situationsangepasste Maßnahmen ergreifen, z. B. luftige Kleidung und ausreichend Trinkwasser mitführen.

### **Gewitter**

Ein Blitzeinschlag in die Windenergieanlage kann diese in Brand setzen und direkt oder indirekt zu schweren Verletzungen oder zum Tod führen.

- ⇒ Bei Aufzug eines Gewitters sofort aus der Gondel absteigen. Der Abstieg mit der Aufstiegshilfe ist erlaubt. Der Aufenthalt im Turmfuß ist sicher, solange die Windenergieanlage nicht in Brand gesetzt wurde.

- ⇒ Komponenten, die der Blitzableitung oder dem Potentialausgleich zwischen Anlagenteilen dienen, nicht berühren.
- ⇒ Den ENERCON Service benachrichtigen, wenn die Windenergieanlage Beschädigungen durch Blitzeinschlag aufweist.

### **Überschwemmungen und extreme Windbedingungen**

Überschwemmungen oder extreme Windbedingungen können die Windenergieanlage beschädigen. Die Standsicherheit der Windenergieanlage ist unter Umständen nicht mehr gegeben. Es können elektrische Gefahren und Brandgefahr durch Kurzschluss entstehen.

- ⇒ Die Windenergieanlage bei Überschwemmung abschalten.
- ⇒ Vor Wiederinbetriebnahme der Windenergieanlage alle Bauteile prüfen lassen.

## **3.7.3 Gefahren durch Eisfall und Eiswurf**

### **Eisfall und Eiswurf**

Eis kann bei angehaltener Windenergieanlage in Stücken unterschiedlicher Größe von der Windenergieanlage abfallen (Eisfall) oder bei laufender Windenergieanlage vom drehenden Rotor weggeschleudert werden (Eiswurf). Eiswurf oder Eisfall können zu schweren Verletzungen oder zum Tod führen.

- ⇒ Bei Gefahr von Eiswurf den maximalen Gefahrenbereich meiden.
- ⇒ Bei Gefahr von Eisfall in Verbindung mit sehr hoher Windgeschwindigkeit den maximalen Gefahrenbereich meiden.
- ⇒ Bei Gefahr von Eisfall in Verbindung mit geringer Windgeschwindigkeit bzw. Windstille den minimalen Gefahrenbereich meiden.
- ⇒ In der Umgebung der Windenergieanlage evtl. vorhandene Eiswarnschilder oder Eiswarnleuchten beachten.
- ⇒ Falls erforderlich, den Gefahrenbereich nur mit äußerster Vorsicht betreten. Im gesamten Gefahrenbereich Kopfschutz tragen.

### **Detektions- und Abtauzeit**

Während der Detektionszeit für Eisansatz und bei einem manuellen Neustart während der Abtauzeit der Windenergieanlage besteht die Gefahr des Eiswurfs. Bei stehender Windenergieanlage besteht die Gefahr des Eisfalls.

- ⇒ Manuellen Neustart während der Abtauzeit möglichst unterlassen.

### **Aktivierte Blattheizung**

Bei aktivierter Blattheizung nach Eisansatzerkennung und laufender Windenergieanlage kann die Eisbildung nicht ausgeschlossen werden. Durch die Blattheizung angetautes Eis kann abgeworfen werden (Eiswurf).

- ⇒ Die Blattheizung grundsätzlich nur dann einsetzen, wenn sichergestellt ist, dass durch Eiswurf keine Personen verletzt und keine Sachen beschädigt werden können.

### 3.7.4 Gefahren durch Betriebs- und Hilfsstoffe

#### Öl und Fett

Aufgrund eines Defekts kann Öl oder Fett aus einigen Komponenten der Windenergieanlage austreten. Dies kann die Funktionsfähigkeit der Windenergieanlage gefährden und erhöht das Risiko eines Brands.

Öle und Fette können giftige Stoffe enthalten, belasten die Umwelt und können bei Hautkontakt die Gesundheit beeinträchtigen.

Öle und Fette machen Gegenstände rutschig und können Stürze verursachen.

- ⇒ Körperlichen Kontakt mit ausgetretenem Öl oder Fett meiden, Öl und Fett von Lebensmitteln fernhalten.
- ⇒ Ausgelaufenes und verschüttetes Öl und Fett sofort mit flüssigkeitsbindendem Material (Sand, Sägemehl etc.) und/oder saugfähigem Tuch aufnehmen und restlos entfernen. Hierfür gegebenenfalls ein geeignetes Lösungsmittel benutzen. Besonders bei Lauf- und Arbeitsflächen, Leiterstufen und Haltegriffen darauf achten, dass Öl und Fett restlos entfernt wird.
- ⇒ Leckagen auffangen.
- ⇒ Öl und Fett sowie damit in Kontakt gekommene Reinigungsmittel und -materialien ordnungsgemäß entsorgen.
- ⇒ Den ENERCON Service informieren, wenn das Risiko besteht, dass die Funktion der Windenergieanlage beeinträchtigt ist.

#### Feuerlöscher

Bei der Benutzung von Feuerlöschern kann es zu Verletzungen durch Kälteeinwirkungen und durch eine erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentration kommen. Außerdem besteht die Gefahr des Stromschlags bei Benutzung von Feuerlöschern in der Nähe von elektrischen Anlagen, z. B. Schaltschränken.

- ⇒ Das Löschgas und erkaltete Oberflächen nicht berühren.
- ⇒ Umstehende Personen warnen.
- ⇒ Größtmöglichen Abstand zu elektrischen Anlagen halten.
- ⇒ Das Personal im Umgang mit CO<sub>2</sub>-Feuerlöschern und zu Arbeiten in sauerstoffreduzierter Umgebung schulen.

#### Löschmittel des Löschsystems

Beim Öffnen von Schaltschränken kann das Löschsystem unabsichtlich ausgelöst werden. Das Löschmittel ist elektrisch leitend und kann mit spannungsführenden Teilen in Kontakt kommen. Bei Berührung des Löschmittels besteht Lebensgefahr durch elektrischen Schlag. Bei Hautkontakt, Augenkontakt, Einatmen oder Verschlucken besteht die Gefahr von Gesundheitsschäden.

- ⇒ Die Schaltschränke geschlossen halten.

### **Feuergefährliches Material**

Die Lagerung und Aufbewahrung von brennbarem und leicht entflammbarem Material in der Windenergieanlage erhöht die Brandgefahr.

- ⇒ Kein brennbares oder leicht entflammbares Material in der Windenergieanlage aufbewahren oder lagern.

## **3.7.5 Gefahren im Turm, E-Modul und Fundament**

### **Fundamentraum im Hybridturm**

Der Hybridturm verfügt über einen kreisförmigen Hohlraum im Fundament. Von diesem Raum aus erfolgt je nach Turmtyp das Spannen und Verankern der Spannglieder des Turms; außerdem verlaufen hier die Kabel vom Stromnetz zur Mittelspannungsschaltanlage. In den Fundamentraum gelangt man durch eine Luke im Turmboden.

Im und um den Fundamentraum bestehen verschiedene Gefahren. Bei geöffneter Luke besteht Absturzgefahr. Im Fundamentraum können sich giftige Gase anreichern, die bei Betreten des Fundamentraums zu Erstickungsgefahr führen können. Die Rettung einer Person aus dem Fundamentraum ist erschwert. Im Fundamentraum kann sich Wasser ansammeln. Dadurch entsteht Rutschgefahr.

Aufgrund der Gefahren im Fundamentraum darf dieser nur von Personen der Qualifikationsstufe C unter Einhaltung von Sicherheitsmaßnahmen betreten werden.

- ⇒ Die Luke des Fundamentraums geschlossen halten.
- ⇒ Den Fundamentraum nicht betreten.

### **Transformatorraum**

Im Transformatorraum besteht die Gefahr eines Stromschlags. Der Transformatorraum ist abschließbar und darf nur von Personen mit Mittelspannungs-Schaltberechtigung oder in deren Begleitung betreten werden.

- ⇒ Die Zugänge zum Transformatorraum verschlossen halten.
- ⇒ Den Transformatorraum nicht betreten.

### **Kühlmittel der Turmkühlung**

Aufgrund einer Leckage kann Kühlflüssigkeit aus dem Kühlsystem der Turmkühlung austreten. Dies kann die Funktionsfähigkeit der Windenergieanlage gefährden.

Die Kühlflüssigkeit ist schwach wassergefährdend und kann die Umwelt belasten. Die Kühlflüssigkeit macht Gegenstände rutschig und kann Stürze verursachen. Die Kühlflüssigkeit kann Vergiftungen verursachen.

- ⇒ Ausgelaufene und verschüttete Kühlflüssigkeit sofort mit saugfähigem Tuch, ggf. mithilfe eines geeigneten Bindemittels, aufnehmen und restlos entfernen, insbesondere von Lauf- und Arbeitsflächen, Leiterstufen und Haltegriffen.
- ⇒ Den ENERCON Service informieren, wenn das Risiko besteht, dass die Funktion der Windenergieanlage beeinträchtigt ist.

### **Belastung der Turmböden**

Die maximale Belastung der Turmböden beträgt 250 kg/m<sup>2</sup>. Bei Überlastung der Turmböden besteht Absturzgefahr.

- ⇒ Die maximale Belastung der Turmböden beachten.

### **Einstiegsleiter der Gondel**

Die Einstiegsleiter zur Gondel bewegt sich während der Windnachführung zusammen mit der Gondel. Dadurch können Gegenstände auf dem obersten Turmboden oder eine geöffnete Bodenluke beschädigt und unter Umständen auch Personen verletzt werden.

- ⇒ Den Bewegungsraum der Einstiegsleiter auf dem obersten Turmboden freihalten.
- ⇒ Die Bodenluke geschlossen halten.
- ⇒ Die automatische Windnachführung vor dem Aufstieg deaktivieren.

## **3.7.6 Gefahren bei Benutzung der Sicherheitssteigleiter**

### **Absturz**

Bei der Benutzung der Sicherheitssteigleiter besteht Absturzgefahr. Absturz führt in der Regel zu schweren Verletzungen oder zum Tod.

- ⇒ Beim Auf- und Abstieg im Turm die persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz benutzen.
- ⇒ Wenn möglich beide Hände zum Festhalten an der Sicherheitssteigleiter benutzen. Keine Gegenstände in den Händen halten.
- ⇒ Luken in Turmböden nach dem Durchstieg wieder schließen.

### **Lukenklappen der Turmböden**

Beim Schließen der Lukenklappen der Turmböden können Finger eingeklemmt und gequetscht werden. Insbesondere gilt dies, wenn die Lukenklappe geteilt ist.

- ⇒ Zum Öffnen und Schließen die Lukenklappe nur an ihren Griffflächen fassen.
- ⇒ Bei geteilter Lukenklappe Finger von der Fuge zwischen den Klappenhälften fernhalten.
- ⇒ Lukenklappen vorsichtig öffnen und schließen.

### **Überanstrengung**

Bei der Benutzung der Sicherheitssteigleiter kann es zu körperlicher Überanstrengung kommen.

- ⇒ Wenn möglich, die Aufstiegshilfe benutzen.
- ⇒ Das mitzuführende Gewicht minimieren.
- ⇒ Pausen machen.
- ⇒ Nur körperlich geeignete Personen dürfen im Turm aufsteigen.



### **Geänderter Trittabstand**

An einigen Stellen des Turms ist der Trittabstand, also der Abstand zwischen den Sprossen der Sicherheitssteigleiter, geändert. Durch geänderte Trittabstände kann es bei Unachtsamkeit zum Abrutschen auf der Sicherheitssteigleiter kommen. Das kann zu Prellungen, Schnitt- oder Schürfwunden oder Muskelzerrungen führen.

- ⇒ Die Sicherheitssteigleiter vorsichtig benutzen.
- ⇒ Die Ankündigungen „Geänderter Trittabstand“ entlang der Sicherheitssteigleiter beachten.

## **3.7.7 Gefahren bei Benutzung der Aufstiegshilfe**

Die in diesem Kapitel genannten Gefahren beziehen sich sowohl auf seilgeführte als auch auf leitergeführte Aufstiegshilfen.

### **Mängel**

Bei Mängeln an der Aufstiegshilfe bestehen Gefahren für den Benutzer.

- ⇒ Wenn die Aufstiegshilfe Mängel aufweist, die Aufstiegshilfe für die Benutzung sperren. Eine eindeutige Kennzeichnung anbringen.
- ⇒ Eine Reparatur veranlassen.

### **Brandfall**

Bei der Benutzung der Aufstiegshilfe im Brandfall bestehen verschiedene Gefahren, z. B. eine Unterbrechung der Stromversorgung, Beschädigung von Trag- oder Sicherheitsseilen, Beschädigung der Seilaufhängung. Personen können in der Aufstiegshilfe eingeschlossen werden.

- ⇒ Die Aufstiegshilfe im Brandfall nicht benutzen.

### **Tür der Einhausung**

Beim Öffnen und Schließen der Tür der Einhausung der Aufstiegshilfe kann es zum Klemmen und Abklemmen von Gliedmaßen kommen.

- ⇒ Die Tür der Einhausung der Aufstiegshilfe vorsichtig öffnen und schließen.

### **Fahrweg**

Im Fahrweg und im Landebereich der Aufstiegshilfe besteht Quetsch- und Stoßgefahr für Arme und Beine.

- ⇒ Keine Gliedmaßen in den Fahrweg der Aufstiegshilfe halten.
- ⇒ Abstand zum Geländer halten.
- ⇒ Nicht in Seilführungen, Seilrollen oder nicht einsehbare Bereiche greifen.
- ⇒ Schutzabdeckungen nicht entfernen.
- ⇒ Nicht die Bodenfläche betreten, an der der Fahrkorb zum Einsteigen aufsetzt.

### **Rettung**

Bei einer Notsituation, z. B. wenn die Aufstiegshilfe aufgrund eines Fehlers zwischen 2 Turmböden stoppt und der Abstand zur Sicherheitssteigleiter mehr als 110 cm beträgt, ist eine Selbstrettung nicht möglich. Es besteht Absturzgefahr, weil die Sicherheitssteigleiter nicht erreicht werden kann.

- ⇒ Ein Rettungsgerät in der Aufstiegshilfe mitführen.
- ⇒ Ein Rettungskonzept für die Aufstiegshilfe erstellen und schulen.

### **Unvorhersehbare Gefahrensituation**

In einer Gefahrensituation mit der Aufstiegshilfe kann es zu schweren oder tödlichen Unfällen kommen.

- ⇒ Nur geschultes Personal darf die Aufstiegshilfe benutzen.
- ⇒ Im Notfall den Not-Halt-Taster in der Aufstiegshilfe oder an einer Ausstiegsplattform der Aufstiegshilfe betätigen.

### **Niedrige Temperaturen**

Bei einer sehr niedrigen Turminnentemperatur kann die Funktionsfähigkeit von Bauteilen der Aufstiegshilfe eingeschränkt sein. Die Aufstiegshilfe kann abstürzen. Das Unterschreiten der Temperaturgrenze von -20 °C wird im Fahrkorb der Aufstiegshilfe optisch signalisiert.

- ⇒ Bei sehr niedrigen Temperaturen die Aufstiegshilfe nicht benutzen.
- ⇒ Die Warnsignale beachten.

## **3.7.8 Gefahren im Maschinenhaus**

### **Maschinenhausluke**

Bei geöffneter Maschinenhausluke besteht Absturzgefahr.

- ⇒ Die Maschinenhausluke nach dem Durchstieg schließen.

### **Bremswiderstand der Azimutumrichter**

Die berührbare Oberfläche des Bremswiderstands des Azimutumrichters und des dazugehörigen Gehäuses liegt oberhalb der Verbrennungsschwelle, sodass durch ein kurzzeitiges Berühren die Gefahr von Verbrennungen besteht. Der Bremswiderstand befindet sich jeweils hinter dem zugehörigen Azimutantrieb.

- ⇒ Die Bremswiderstände nicht berühren.
- ⇒ Keine Gegenstände auf den Bremswiderständen ablegen.
- ⇒ Keine persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz oder andere Ausrüstungen auf den Bremswiderständen positionieren.

### **Durchgang an den Azimutmotoren**

Der Durchgang an den Azimutmotoren ist sehr schmal. Es besteht Stolpergefahr.

- ⇒ Seitwärts kurze Schritte bei aufrechter Körperhaltung machen, um an den Azimutmotoren vorbei zu gehen.

### Gondelkeller

Beim Aufenthalt im Gondelkeller besteht die Gefahr von Kopfverletzungen und Knieverletzungen. Bei Drehung der Gondel besteht Quetschgefahr zwischen dem Azimutzahnkranz und den Ritzeln der Azimutmotoren. Beim Betreten der unteren Kranluke im Gondelkeller besteht die Gefahr, dass eine Person durch die Kranluke stürzt.

- ⇒ Den Gondelkeller nur betreten, wenn unbedingt nötig.
- ⇒ Den Gondelkeller nur bei deaktivierter Windnachführung betreten. Dies ist bei manuellem Betrieb der Windenergieanlage der Fall (Leuchtmelder *Manuell Ein (Manual on)* leuchtet).
- ⇒ Die manuelle Windnachführung nicht betätigen, wenn sich Personen im Gondelkeller aufhalten.
- ⇒ Im Gondelkeller mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz anschlagen, falls die Kranluke geöffnet ist.

## 3.7.9 Gefahren bei Benutzung des Krans Gondel

### Kranluke

Bei der Bedienung des Krans Gondel sind die untere und die obere Kranluke geöffnet. Beim Aufenthalt in der Nähe der Kranluke besteht Absturzgefahr.

- ⇒ Die persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz tragen und sich mit einem Bandfalldämpfer an den Anschlagpunkten zur Personensicherung sichern.
- ⇒ Vor dem Öffnen der Kranluke vergewissern, dass alle Personen im Gefahrenbereich mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz gesichert sind.
- ⇒ Die Kranluke nach Benutzung schließen.

### Zustand des Krans

Bei schadhaftem Zustand des Krans Gondel besteht Verletzungsgefahr für Personen.

- ⇒ Vor der Benutzung die Standsicherheit der Kransäule prüfen.
- ⇒ Den Betriebsendschalter, der das Hochfahren der Kette beendet, vor jeder Verwendung bzw. 1x täglich prüfen.
- ⇒ Beim Ablassen und Aufwickeln eine Sichtprüfung der Kette durchführen.
- ⇒ Darauf achten, dass die Kette richtig in den Kettenkasten einläuft.

### Einsatzbedingungen

Zur sicheren Benutzung des Krans Gondel müssen die folgenden Einsatzbedingungen berücksichtigt werden.

- ⇒ Die maximale Last des Krans Gondel nicht überschreiten. Die maximale Last ist auf einem Schild am Kran Gondel angegeben.
- ⇒ Den Kran Gondel nur benutzen, wenn mindestens die Rotorhaltebremse aktiviert ist.
- ⇒ Keine Personen transportieren.

- ⇒ Den Kran Gondel nicht im Tippbetrieb benutzen (nicht ständig an- und ausschalten), sondern dauerhaft bei geringer Hubgeschwindigkeit benutzen.
- ⇒ Die Taster nicht überbrücken oder einklemmen. Die Bedieneinheit bei Ermüdung der Hand in die andere Hand wechseln.
- ⇒ Lasten nicht schräg ziehen. Einen Winkel von  $1,5^\circ$  nicht überschreiten.
- ⇒ Die Endlagen der Winde langsam anfahren.

### **Benutzung des Krans**

Bei der Benutzung des Krans besteht Quetschgefahr für die Füße beim Ablassen der Last am Gondelboden oder Erdboden sowie Quetschgefahr für die Finger an den Rollen der Laufkatze. Außerdem kann es bei Berührung der Kette zu Quetschungen oder Schürfwunden kommen.

- ⇒ Nur geschultes Personal darf den Kran Gondel bedienen.
- ⇒ Die Kette nicht berühren.

### **Sicherung der Last**

Bei nicht ausreichend gesicherter Last besteht Verletzungsgefahr für Personen.

- ⇒ Zum Führen der Last ein Führungsseil benutzen.
- ⇒ Sicherstellen, dass sich das am Krankhaken befestigte Führungsseil nicht selbstständig lösen kann.
- ⇒ Die Last gut sichern. Kleinteile in gesicherte Behälter legen.

### **Schwebende Lasten**

Bei Benutzung des Krans besteht Verletzungsgefahr für Personen durch schwebende Lasten.

- ⇒ Bei Benutzung des Krans darf die Kranluke nicht über dem Turmeingangsbereich liegen. Der Kranbetrieb darf erst dann aufgenommen werden, wenn die Kranluke mindestens  $\pm 30^\circ$  aus dem Turmeingangsbereich herausgedreht wurde.
- ⇒ Sicherstellen, dass sich keine Personen im Gefahrenbereich (z. B. zwischen der Last und dem Boden) aufhalten. Der Windenbediener muss während des Hebevorgangs auf den Gefahrenbereich achten.
- ⇒ Der Aufenthalt unter schwebenden Lasten ist verboten.

### **Kommunikation**

Zur sicheren Benutzung des Krans Gondel muss die Kommunikation zwischen dem Windenbediener und dem Mitarbeiter am Boden gegeben sein.

- ⇒ Funkgeräte oder eindeutige Sichtzeichen benutzen. Signale vorher vereinbaren, so dass jeder Beteiligte eindeutig weiß, was gemeint ist.
- ⇒ Der Windenbediener darf den Hebevorgang erst starten, wenn er vom Mitarbeiter am Boden das eindeutige Zeichen dazu bekommen hat.

- ⇒ Wenn der Windenbediener den Gefahrenbereich nicht voll einsehen kann (z. B. bei Dunkelheit), muss er den Mitarbeiter am Boden hierfür verantwortlich machen.

### **Freileitungen**

Bei Windgeschwindigkeiten über 8 m/s kann die Hubkette des Krans Gondel schwanken und Freileitungen in der Nähe der Windenergieanlage berühren. Die Hubkette kann zu einem spannungsführenden Teil werden und Personen auf der Gondel durch elektrischen Schlag gefährden. Außerdem können die Lasten herabfallen und zu schweren oder tödlichen Verletzungen führen.

- ⇒ Ab einer Windgeschwindigkeit von 8 m/s den Kran Gondel nicht benutzen.
- ⇒ Beim Benutzen des Krans Gondel die Gondel so drehen, dass der Kran Gondel möglichst weit von der Freileitung entfernt ist.

## **3.7.10 Gefahren im Zusammenhang mit der Rotorarretierung**

### **Nicht arretierter Rotor**

Bei nicht oder unvollständig arretiertem Rotor oder defekter Rotorarretierung kann sich der Rotor in Bewegung setzen. Dadurch können Personen zwischen dem feststehenden und dem beweglichen Teil des Generators gequetscht werden. Dies kann zu schweren Verletzungen oder zum Tod führen.

- ⇒ Die Abdeckungen der Durchstiegsöffnungen im Generator-Stator nicht abnehmen und nicht durch die Öffnungen des Generator-Stators in den Rotorkopf steigen, sich hineinbeugen oder hindurchfassen, wenn der Rotor nicht arretiert ist.
- ⇒ Wenn die Rotorarretierung oder das elektrische Zuhaltetesystem nicht in Ordnung sind, das Setzen der Rotorarretierung abbrechen, den Rotorkopf nicht betreten und Reparatur veranlassen.
- ⇒ Nur bei arretiertem Rotor den Rotorkopf oder den Generator betreten.
- ⇒ Sicherstellen, dass alle Rotorarretierungsbolzen komplett gesetzt sind.
- ⇒ Sicherstellen, dass die 3 Leuchtmelder der Rotorarretierung grün leuchten.
- ⇒ Vor dem Lösen der Rotorarretierung sicherstellen, dass sich niemand im Rotorkopf, in den Rotorblättern oder im Generator-Rotor aufhält.

### **Arretierungswindgeschwindigkeit**

Bei Überschreitung der Arretierungswindgeschwindigkeit kann die Rotorarretierung beschädigt werden. Dadurch sind die Zuverlässigkeit der Rotorarretierung und der Schutz vor unerwarteter Rotordrehung bei Aufenthalt im Generator oder im Rotorkopf reduziert. Bei Überschreitung der Arretierungswindgeschwindigkeit von 16 m/s im 10-Minuten-Mittelwert erfolgt eine Alarmierung.

- ⇒ Die Rotorarretierung nur bei Windgeschwindigkeiten bis 16 m/s im 10-Minuten-Mittelwert setzen.

- ⇒ Bei Windgeschwindigkeiten > 16 m/s im 10-Minuten-Mittelwert den Rotorkopf verlassen und die Rotorarretierung lösen.

### **Handpumpe des Hydraulikaggregats**

In der Umgebung des Hydraulikaggregats ist wenig Platz, um die Handpumpe zu bedienen. Es besteht die Gefahr von Quetschungen und Schürfwunden.

- ⇒ Bei der Bedienung des Hydraulikaggregats Handschuhe tragen.
- ⇒ Das Hydraulikaggregat vorsichtig bedienen.

### **Falsche Bedienung**

Der sichere Umgang mit der Rotorarretierung erfordert Fachwissen. Das Betätigen der Rotorarretierung bei drehendem Rotor kann die Rotorarretierung beschädigen und löst sofort eine Rotorblatt-Notverstellung mit Aktivierung der Rotorbremse aus, wie bei einem Not-Halt.

- ⇒ Die Rotorarretierung nur mit entsprechenden Schulungen bedienen.

### **Hydraulikschlauchleitungen**

Die Hydraulikschlauchleitungen für die Rotorarretierung und die Rotorhaltebremse müssen regelmäßig gewechselt werden. Bei einem spontanen Versagen der Hydraulik sind die Rotorarretierung und die Rotorhaltebremse nicht verfügbar. Öl kann sich als Nebel im Maschinenhaus verbreiten und es besteht Augen- und Hautverletzungsgefahr.

- ⇒ Vor der Bedienung des Hydraulikaggregats eine Sichtprüfung des Hydrauliksystems durchführen.
- ⇒ Bei der Bedienung des Hydraulikaggregats eine Schutzbrille benutzen.
- ⇒ Die Hydraulikschlauchleitungen regelmäßig wechseln lassen.

## **3.7.11 Gefahren im Rotorkopf**

### **Nicht arretierter Rotor**

Bei nicht oder unvollständig arretiertem Rotor oder defekter Rotorarretierung kann sich der Rotor in Bewegung setzen. Dadurch können Personen zwischen dem feststehenden und dem beweglichen Teil des Generators gequetscht werden. Dies kann zu schweren Verletzungen oder zum Tod führen.

- ⇒ Den Rotorkopf nur bei arretiertem Rotor betreten.

### **Flucht und Rettung**

Im Rotorkopf sind verunfallte Personen nur schwer erreichbar. Das Anbringen von Rettungsausrüstung ist nur eingeschränkt möglich. Die räumliche Enge erschwert eine Rettung zusätzlich.

Falls der Zugang vom Rotorkopf zum Maschinenhaus durch den Achszapfen nicht möglich ist, dienen die Generatoröffnungen als zweiter Fluchtweg. Die Rettung einer verletzten Person aus dem Rotorkopf ist ggf. nicht im vertretbaren Zeitrahmen möglich.

Bei einem versperrten Fluchtweg zum Maschinenhaus, z. B. durch aus dem Turm aufsteigenden Rauch, ist eine Flucht aus dem Rotorkopf nicht möglich.

- ⇒ Den Rotorkopf nur betreten, wenn unbedingt notwendig.
- ⇒ Ein Konzept zur Rettung von Personen aus dem Rotorkopf erarbeiten und schulen.
- ⇒ Die Rettungsausrüstung bereithalten.
- ⇒ Bei Bedarf Sicherungsposten und Aufsichtsführende einsetzen.
- ⇒ Die Kommunikation zwischen Anwesenden sicherstellen.
- ⇒ Bei der Rettung die Eigensicherung beachten.

### **Enge Räume**

Aufgrund der Enge im Rotorkopf können Gefährdungen wie Zwangshaltungen, erhöhte körperliche Belastungen, erhöhte elektrische Gefährdungen und Anstoßgefahr entstehen.

- ⇒ Nicht länger als nötig im Rotorkopf aufhalten.
- ⇒ Nicht alleine im Rotorkopf aufhalten.
- ⇒ Rettungsmöglichkeiten sicherstellen.
- ⇒ Eine Verständigungsmöglichkeit zum Sicherungsposten sicherstellen, um jederzeit Rettungsmaßnahmen einleiten zu können.

### **Schleifringübertrager**

Beim Öffnen des Schleifringübertragers besteht die Gefahr eines elektrischen Schlags. Zudem enthält der Schleifringübertrager Kohlestaub, der beim Einatmen zu Gesundheitsschäden führen kann.

- ⇒ Den Schleifringübertrager geschlossen halten.
- ⇒ Der Schleifringübertrager darf nur von Personal der Qualifikationsstufe C nach Freischalten des Schleifringübertragers und mit Atemschutz geöffnet werden.

### **Beleuchtung**

Wenn die Beleuchtung im Rotorkopf ausfällt, besteht Sturz- und Stolpergefahr.

- ⇒ Beim Betreten des Rotorkopfs die Handlampe Gondel mitführen.

### **Giftige Gase der Kondensatoren**

Als Energiespeicher für die Notverstellung der Rotorblätter werden Kondensatoren eingesetzt. Bei defekten Kondensatoren kann Gas austreten und bei Aufenthalt im Rotorkopf zu Vergiftungen führen. Zudem kann Elektrolyt austreten und dadurch Verätzungen der Haut verursachen.

- ⇒ Bei defekten Kondensatoren den Rotorkopf nicht betreten.

### 3.7.12 Gefahren im Generator

#### **Nicht arretierter Rotor**

Bei nicht oder unvollständig arretiertem Rotor oder defekter Rotorarretierung kann sich der Rotor in Bewegung setzen. Dadurch können Personen zwischen dem feststehenden und dem beweglichen Teil des Generators gequetscht werden. Dies kann zu schweren Verletzungen oder zum Tod führen.

⇒ Den Generator nur bei arretiertem Rotor betreten.

#### **Heiße Oberflächen**

Der Generator kann im Betrieb heiß werden. Das Berühren des Generators kann zu Verbrennungen der Haut führen.

⇒ Den Generator nicht ungeschützt berühren, solange er heiß ist.

#### **Abrutschen**

Beim Aufenthalt im Generator besteht die Gefahr, abzurutschen oder zu stürzen.

⇒ Vorsichtig bewegen.

⇒ Verunreinigte Oberflächen reinigen.

#### **Aufstieg zum Dachmodul**

Der Zugang zum Dachmodul erfolgt mithilfe einer Leiter im Generator. Beim Auf- und Abstieg an der Leiter besteht die Gefahr, sich an scharfen Kanten zu verletzen oder die persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz zu beschädigen.

⇒ Langsam und vorsichtig entlang der Leiter bewegen.

⇒ Darauf achten, dass die persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz nicht mit den scharfen Kanten in Berührung kommt.

⇒ Persönliche Schutzausrüstung wie z. B. Helm benutzen.

#### **Außenzugang Rotornabe**

Der Außenzugang zur Rotornabe erfolgt aus dem Inneren des Generators durch eine Öffnung in der Generatorverkleidung. Beim Übergang vom Generator zur Rotornabe und umgekehrt besteht Absturzgefahr.

⇒ Als Zugang zum Rotorkopf den Achszapfen benutzen.

⇒ Im Notfall kann der Außenzugang als alternativer Fluchtweg aus dem Rotorkopf benutzt werden. Mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz sichern.

#### **Bremsstaub**

Im Generator kann sich Bremsstaub ansammeln. Beim Einatmen von Bremsstaub entstehen Gesundheitsschäden.

⇒ Den Bremsstaub regelmäßig entfernen lassen.



### 3.7.13 Gefahren auf dem Gondeldach

#### **Aufenthalt auf dem Dachmodul**

Beim Aufenthalt auf dem Dachmodul besteht Absturzgefahr. Bei Schnee und Eis auf dem Dachmodul besteht Rutsch- und Absturzgefahr.

- ⇒ Beim Aufenthalt auf dem Dachmodul mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz sichern.
- ⇒ Schnee und Eis entfernen.

#### **Lichtquelle der Befeuerung**

Die Befeuerungsleuchten auf dem Gondeldach verfügen über eine starke Lichtquelle. Beim Blicken in das weiße Licht der Befeuerung können die Augen geschädigt werden.

- ⇒ Beim Ausstieg auf das Gondeldach nicht direkt in die Befeuerungsleuchten hineinsehen.

## 3.8 Anschlagpunkte zur Personensicherung

Anschlagpunkte zur Personensicherung sind speziell ausgelegte und geprüfte Einrichtungen, an denen sich Personen mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz sichern können.

Die Anschlagpunkte zur Personensicherung sind so ausgelegt, dass sich 2 Personen gleichzeitig (falls nicht anders beschrieben) an einem Anschlagpunkt sichern können.

Es gibt verschiedene Ausführungen von Anschlagpunkten zur Personensicherung: Ösen, Bügel, Handgriffe, Geländer, Ringschrauben sowie verschiedene Bauteile der Sicherheitssteigleiter.

Anschlagpunkte zur Personensicherung sind gelb markiert, mit Ausnahme der Sicherheitssteigleiter.

Weitere Informationen sind im Dokument D0678364 „Anschlagpunkte zur Personensicherung E-115 EP3 E3, E-126 EP3, E-138 EP3, E-138 EP3 E2“ zu finden.

## 3.9 Sicherheitsbeschilderung

#### **Sicherheitsbeschilderung**

An der Windenergieanlage sind Schilder angebracht, die vor Gefahren warnen und Hinweise zum richtigen Verhalten geben.

Weitere Informationen sind im Dokument D0806256 „Technische Beschreibung Beschilderung E-115 EP3 E3“ zu finden.

## 3.10 Sicheres Verhalten

### 3.10.1 Grundregeln

Um Personen- und Sachschäden zu vermeiden, die folgenden Grundregeln für sicheres Verhalten in und an der Windenergieanlage einhalten:

- Stets die jeweils erforderliche persönliche Schutzausrüstung benutzen.
- Bei Arbeiten mit Absturzgefahr Rettungsgeräte in ausreichender Zahl vor Ort bereithalten.
- Stets ein Mobiltelefon mitführen, um einen Notruf absetzen zu können.
- Sicherstellen, dass sich eine Person in Reichweite befindet, um im Notfall sofort Hilfs- oder Rettungsmaßnahmen einleiten zu können. Für die Kommunikation untereinander vor Ort geeignete Kommunikationsmittel benutzen, z. B. Sprechfunkgeräte.
- Sicherstellen, dass Material für Erste-Hilfe-Maßnahmen (Verbandkasten, Decken etc.) immer vor Ort zur Verfügung steht.
- Den Flucht- und Rettungsplan sowie den Notfall-Ablaufplan beachten. Sie befinden sich jeweils in unmittelbarer Nähe vom Steuerschrank und vom Gondelsteuerschrank.
- Vor dem Aufstieg im Turm die Windenergieanlage anhalten und auf manuellen Betrieb umschalten.
- Nicht rauchen, keinen Alkohol oder sonstige Drogen konsumieren.
- Keine offenen Zündquellen benutzen und kein Feuer machen.
- Die Zufahrtswege zur Windenergieanlage für Rettungsfahrzeuge freihalten.
- Die Fluchtwege freihalten.
- Den Zutritt unbefugter Personen durch Schließen der Eingangstür verhindern.
- Die lokale Wettervorhersage vorab beachten.

### 3.10.2 Verhalten bei Unfällen

1. Abhängig von der jeweiligen Situation einen Not-Halt-Taster oder den Transformator-Not-Aus-Taster drücken.
2. Personen aus der Gefahrenzone retten.
3. Erste-Hilfe-Maßnahmen einleiten.
4. Notruf absetzen.
5. Den Verantwortlichen am Einsatzort informieren.

### 3.10.3 Verhalten bei Feuer

1. Weitere Personen in der Windenergieanlage informieren.
2. Abhängig von der jeweiligen Situation einen Not-Halt-Taster oder den Transformator-Not-Aus-Taster drücken.
3. Notruf absetzen.
4. Verletzte Personen aus der Gefahrenzone retten und für Erste-Hilfe-Maßnahmen sorgen.
5. Wenn die eigene Sicherheit und ein sicherer Fluchtweg gewährleistet sind, den Brand mit dem Feuerlöscher bekämpfen.

Zusätzliche Maßnahmen, wenn das Feuer nicht sofort gelöscht werden kann:

6. Die Windenergieanlage über den geeigneten Fluchtweg verlassen. Wenn möglich, auf dem Fluchtweg den Transformator-Not-Aus-Taster im Turmfuß drücken.
  - Die Sicherheitssteigleiter benutzen.
  - Wenn ein sicherer Abstieg im Turm nicht mehr möglich ist, den alternativen Fluchtweg wählen und die Gondel mit dem Rettungsgerät durch die Kranluke verlassen.
  - Die Aufstiegshilfe nicht benutzen.
  - Wenn ein Feuer während der Benutzung der Aufstiegshilfe ausbricht, mit dem Notablass bis zum nächsten Podest ablassen und von dort die Sicherheitssteigleiter benutzen.
7. Den Betriebsleiter des zuständigen Energieversorgungsunternehmens informieren.
8. Den Gefahrenbereich außerhalb der Windenergieanlage gegen Zutritt sichern.
9. Den ENERCON Service informieren.

### 3.10.4 Verhalten bei Sturm und Gewitter

Maßnahmen, wenn die Windgeschwindigkeit über 16 m/s steigt:

1. Den Rotorkopf und das Gondeldach verlassen.
2. Die Rotorarretierung lösen.
3. Die Aufstiegshilfe nicht benutzen.

Zusätzliche Maßnahmen, wenn die Windgeschwindigkeit über 23 m/s steigt, die Windenergieanlage durch böigen Wind stark schwingt oder wenn ein Gewitter aufzieht:

4. Alle Arbeiten oberhalb vom Turmfuß einstellen.
5. Über die Sicherheitssteigleiter in den Turmfuß absteigen.
6. Die Windenergieanlage auf automatischen Betrieb umstellen und starten.
7. Im Turmfuß auf Wetterberuhigung warten.
8. Erst nach Wetterberuhigung die Arbeiten fortsetzen.

### 3.10.5 Verhalten bei Überdrehzahl des Rotors

Maßnahme, wenn die Rotordrehzahl die Nenndrehzahl deutlich übersteigt und die Sicherheitseinrichtungen offensichtlich versagen:

1. Einen Not-Halt-Taster drücken.

Zusätzliche Maßnahmen, wenn der Rotor nicht abbremst:

2. Den Not-Halt-Taster wieder zurücksetzen.
3. Den Taster *Störung quittieren (Error reset)* am Steuerschrank betätigen.
4. Den Schalter *Wartung (Maintenance)* am Steuerschrank auf *Aus (Off)* stellen.
5. Die Windenergieanlage und den Gefahrenbereich außerhalb der Windenergieanlage schnellstmöglich verlassen.

6. Den Gefahrenbereich außerhalb der Windenergieanlage gegen Zutritt sichern.
7. Den ENERCON Service informieren.

## 3.11 Sicherheitseinrichtungen

### 3.11.1 Hauptschalter



**Abb. 4: Hauptschalter**

**Ausführung** Beim Hauptschalter handelt es sich um einen Drehschalter.

**Einbauort** Der Hauptschalter befindet sich an der Tür der Hauptverteilung Gondel im Maschinenhaus.

**Funktion** Mit dem Hauptschalter werden die elektrischen Komponenten in der Gondel spannungsfrei geschaltet.

Die folgenden Komponenten sind davon ausgenommen und werden nicht spannungsfrei geschaltet:

- Kran Gondel
- Steckdosen in der Gondel
- Beleuchtung in der Gondel
- Befeuerung
- alle Komponenten unterhalb des Maschinenträgers, im Turm und im Turmfuß

Der Zustand der Rotorhaltebremse wird durch Betätigung des Hauptschalters nicht verändert. Wenn die Rotorhaltebremse angezogen ist, bleibt sie angezogen. Wenn die Rotorhaltebremse gelöst ist, bleibt sie gelöst. Das Betätigen des Hauptschalters bei drehender Windenergieanlage bewirkt folglich keinen Not-Halt. Der Rotor wird aerodynamisch gebremst, d. h. er kann sich weiterhin frei drehen.

### 3.11.2 Not-Halt-Taster



**Abb. 5: Not-Halt-Taster**

- Ausführung** Bei den Not-Halt-Tastern handelt es sich um Drucktaster mit einer mechanischen Verrastfunktion.
- Einbauort** Die Not-Halt-Taster befinden sich im Turmfuß, in der Gondel und an der Aufstiegshilfe.
- Die Not-Halt-Taster im Turmfuß befinden sich an den folgenden Positionen:
- im Bedienfeld des Steuerschranks auf der ersten E-Modul-Ebene
  - im Bereich des Turmeingangs
  - auf jeder weiteren Ebene des E-Moduls
- Die Not-Halt-Taster in der Gondel befinden sich an den folgenden Positionen:
- im Bedienfeld des Gondelsteuerschranks
  - im Bereich des Schleifringübertragers
- Der Not-Halt-Taster an der Aufstiegshilfe befindet sich am Fahrkorb der Aufstiegshilfe.
- Je nach Ausführung der Windenergieanlage und der Aufstiegshilfe können an weiteren Positionen Not-Halt-Taster vorhanden sein.
- Funktion** Bei Betätigung eines Not-Halt-Tasters im Turmfuß wird die Windenergieanlage wie folgt in einen sicheren Zustand gebracht:
- Die Rotorblattnotverstellung wird ausgelöst.
  - Die Energieversorgung zu den Azimutmotoren für die Windnachführung wird unterbrochen.
  - Die Lüfter in der Windenergieanlage werden abgeschaltet.
  - Der Rückkühler im Turmfuß wird abgeschaltet.
  - Die Blattheizung wird abgeschaltet.
- Nach Zurücksetzen eines Not-Halt-Tasters im Turmfuß muss der Not-Halt am Steuerschrank quittiert werden.
- Bei Betätigung eines Not-Halt-Tasters in der Gondel wird die Windenergieanlage wie folgt in einen sicheren Zustand gebracht:
- Die Rotorblattnotverstellung wird ausgelöst.
  - Die Rotorhaltebremse wird aktiviert, sobald eine definierte Rotordrehzahl unterschritten ist.
  - Die Energieversorgung zu den Azimutmotoren für die Windnachführung wird gestoppt.
  - Die Gondellüfter werden abgeschaltet.
  - Die Blattheizung wird abgeschaltet.
  - Die Leistungsteile des Blattverstellsystems werden abgeschaltet.
- Nach Zurücksetzen eines Not-Halt-Tasters in der Gondel muss der Not-Halt am Gondelsteuerschrank quittiert werden.
- Bei Betätigung eines Not-Halt-Tasters an der Aufstiegshilfe wird die Aufstiegshilfe gestoppt.

### 3.11.3 Transformator-Not-Aus-Taster



**Abb. 6: Transformator-Not-Aus-Taster**

- Ausführung** Beim Transformator-Not-Aus-Taster handelt es sich um einen roten Not-Aus-Taster mit einer Plombierhaube und einem Gehäusedeckel. Bei Betätigung verriegelt der Transformator-Not-Aus-Taster über eine automatische Verrastfunktion. Die Plombierhaube muss beim Zurücksetzen des Transformator-Not-Aus-Tasters erneuert werden.
- Einbauort** Der Transformator-Not-Aus-Taster befindet sich an der Bedieneinheit am Turmeingang.
- Funktion** Bei Betätigung des Transformator-Not-Aus-Tasters erfolgt eine allseitige Energietrennung. Zudem ertönt ein akustisches Warnsignal. Die Windenergieanlage wird wie folgt in einen sicheren Zustand gebracht:
- Die Rotorblattnotverstellung wird ausgelöst.
  - Der Lasttrennschalter im Transformatorschaltfeld der Mittelspannungsschaltanlage wird ausgeschaltet.
  - Die Steuerspannung wird ausgeschaltet.
  - Ein automatischer Wiederanlauf der Windenergieanlage wird durch eine Reset-Sperre in der Steuerung der Windenergieanlage verhindert.
- Die Sicherheitsfunktionen werden auch nach der Entriegelung des Transformator-Not-Aus-Tasters bis zu einem manuellen Zurücksetzen aufrechterhalten. Die Mittelspannungsschaltanlage muss nach dem Auslösen der Sicherheitsfunktion manuell wieder zugeschaltet werden.

### 3.11.4 Licht- und Präsenzschalter Gondel



**Abb. 7: Licht- und Präsenzschalter Gondel**

- Ausführung** Beim Licht- und Präsenzschalter Gondel handelt es sich um einen Drehschalter.

- Einbauort** Der Licht- und Präsenzscharter Gondel befindet sich in der Nähe des Zugangs zur Gondel.
- Funktion** Der Licht- und Präsenzscharter Gondel dient zum Ein- und Ausschalten des Lichts in der Gondel. Im eingeschalteten Zustand meldet der Licht- und Präsenzscharter Gondel der Steuerung der Windenergieanlage, dass sich Personen in der Gondel befinden.
- Wenn der Licht- und Präsenzscharter Gondel eingeschaltet ist, kann die Windenergieanlage nicht gestartet werden. Die sich in der Gondel befindenden Personen werden in den folgenden Gefahrensituationen durch optische und akustische Signale gewarnt:
- bei Überschreitung der Arretierungswindgeschwindigkeit
  - bei Überschreitung der Wartungswindgeschwindigkeit
  - bei Erkennung eines Brands

### 3.11.5 Sicherheitstürschloss der Turmeingangstür

- Ausführung** Beim Sicherheitstürschloss der Turmeingangstür handelt es sich um ein Panikschloss. Von innen kann die Tür jederzeit über einen Türdrücker oder über eine Griffstange geöffnet werden. Von außen kann die Tür nur mit einem Schlüssel geöffnet werden.
- Einbauort** Das Sicherheitstürschloss befindet sich an der Turmeingangstür.
- Funktion** Das Sicherheitstürschloss der Turmeingangstür dient zum schnellen und einfachen Verlassen der Windenergieanlage im Not- oder Gefahrenfall, auch wenn die Turmeingangstür verriegelt ist.

### 3.11.6 Schließsystem für den Transformatorraum

- Ausführung** Der Transformatorraum ist mit einem Sicherheitsschließsystem ausgestattet. Der Transformatorraum befindet sich in einer Einhausung mit einer verschlossenen Zugangstür. Den Schlüssel für die Zugangstür erhalten nur Personen, die eine spezielle Schulung absolviert haben.
- In einigen Ländern ist der Zugang zum Transformatorraum zusätzlich mit einem Schlüsseltransfersystem gesichert.
- Einbauort** Das Schließsystem für den Transformatorraum befindet sich am Zugang zum Transformatorraum.
- Wenn ein Schlüsseltransfersystem vorhanden ist, befindet sich der Schlüssel für die Zugangstür am Steuerschrank Transformator.
- Funktion** Das Schließsystem für den Transformatorraum dient dem Schutz von Personen vor hoher elektrischer Spannung und verhindert den Zugang von unbefugten Personen zum Transformatorraum.

Wenn ein Schlüsseltransfersystem vorhanden ist, kann der Schlüssel für die Zugangstür erst vom Steuerschrank Transformator entfernt werden, wenn sich die Windenergieanlage im manuellen Betrieb befindet und wenn die Mittelspannungsschaltanlage am Steuerschrank Transformator abgeschaltet wurde.

### 3.11.7 Elektrisches Zuhaltesystem

- Ausführung** Beim elektrischen Zuhaltesystem handelt es sich um ein elektromechanisches Verriegelungssystem.
- Einbauort** Das elektrische Zuhaltesystem kommt in der Gondel an den Zugangstüren zum Generator und zum Rotorkopf zum Einsatz.
- Funktion** Das elektrische Zuhaltesystem dient dem sicheren Zutritt zum Generator und zum Rotorkopf. Die elektromechanischen Türverriegelungen der Zugangstüren zum Generator und zum Rotorkopf werden nur freigegeben, wenn der Rotor arretiert ist, die Gondellüfter ausgeschaltet sind und wenn sich das Handventil der Rotorarretierung in der Position *Setzen (Set)* befindet. Solange eine der Zugangstüren zum Generator und zum Rotorkopf geöffnet ist, verbleibt das Handventil der Rotorarretierung in der Position *Setzen (Set)*.
- Im Not- oder Gefahrenfall können die elektromechanischen Türverriegelungen rotorkopfseitig und generatorseitig gelöst werden.

### 3.11.8 Notabschaltung der Mittelspannungsschaltanlage

- Ausführung** Die Notabschaltung der Mittelspannungsschaltanlage erfolgt automatisch über den Steuerschrank Transformator.
- Einbauort** Der Steuerschrank Transformator befindet sich im E-Modul der Windenergieanlage.
- Funktion** Der Steuerschrank Transformator schaltet die Mittelspannungsschaltanlage bei den folgenden Ereignissen ab:
- bei Betätigung des Transformator-Not-Aus-Tasters
  - bei Erkennung eines Brands
  - bei Auslösung eines automatischen Löschsystems
  - bei Erkennung eines Erdschlusses oder eines Fehlerstroms in der Windenergieanlage
  - bei Erkennung eines erhöhten Öldrucks im Transformator
  - bei Erkennung eines zu niedrigen Ölstands im Transformator
- Alle an den Steuerschrank Transformator angeschlossenen Komponenten werden durch Ruhestrom überwacht. Wenn ein Fehler erkannt wird, wird der Lasttrennschalter im Transformatorschaltfeld der Mittelspannungsschaltanlage abgeschaltet. Der Grund für die Abschaltung wird durch Leuchtmelder am Steuerschrank Transformator angezeigt.



### 3.11.9 Explosionsschutz der Mittelspannungsschaltanlage

- Ausführung** Die Schaltelemente der Mittelspannungsschaltanlage sind in einem gasdicht abgeschlossenen Behälter verbaut, der mit einem hochwirksamen Isoliergas gefüllt ist. Der Behälter ist mit einer Sollbruchstelle versehen und mit einem Auffangkanal verbunden.
- Einbauort** Die Komponenten für den Explosionsschutz der Mittelspannungsschaltanlage befinden sich an der Mittelspannungsschaltanlage im E-Modul.
- Funktion** Der Explosionsschutz der Mittelspannungsschaltanlage dient der Vermeidung von Personenschäden durch Explosionen in der Mittelspannungsschaltanlage. Bei Schaltvorgängen an der Mittelspannungsschaltanlage kann es zu einer Lichtbogenbildung in den Schaltelementen kommen. Durch die Lichtbogenbildung wird das Isoliergas im Behälter schlagartig erhitzt und der Druck im Behälter wird erhöht. Der Behälter bricht an der Sollbruchstelle auf und das Gas wird kontrolliert in den Auffangkanal geleitet. Im Auffangkanal kann das Gas gefahrlos abkühlen und entweichen.

### 3.11.10 Automatisches Löschsystem

- Ausführung** Das automatische Löschsystem besteht aus Branderkennungselementen und Feinsprühdüsen, die über ein Leitungssystem mit einem Löschmittelbehälter verbunden sind.
- Einbauort** Das automatische Löschsystem ist in bestimmten Schaltschränken in der Gondel und im E-Modul verbaut.
- Funktion** Durch den Einsatz des automatischen Löschsystems kann die Ausdehnung eines Feuers verhindert werden, indem entstehende Brände umgehend am Brandherd gelöscht werden.
- Die Branderkennungselemente lösen bei Überschreitung einer festgelegten Temperatur aus. Ein Druckanstieg entsteht und das Löschmittel wird in das Leitungssystem und die Feinsprühdüsen gepresst.
- Die Windenergieanlage wird beim Auslösen des automatischen Löschsystems vom Stromnetz getrennt und hält an.
- Vor Wartungsarbeiten muss das automatische Löschsystem über die Wartungseinheit Feuerlöschsystem deaktiviert werden, um ein ungewolltes Auslösen des automatischen Löschsystems zu verhindern.
- Weitere Informationen sind im Dokument D0340045 „Technische Beschreibung Automatische Löschsysteme für Windenergieanlagen“ zu finden.

### 3.11.11 Feuerlöscher

- Ausführung** Bei den Feuerlöschern in der Windenergieanlage handelt es sich um CO<sub>2</sub>-Handfeuerlöscher.

**Einbauort** Die Feuerlöscher befinden sich im Turmfuß und in der Gondel der Windenergieanlage. Weitere Informationen sind im Dokument D0648865 „Datenblatt Feuerlöscher“ zu finden.

**Funktion** Die Feuerlöscher dienen zur Bekämpfung eines Entstehungsbrands in der Windenergieanlage durch anwesende Personen.

### 3.11.12 Rauchschalter

**Ausführung** Bei den Rauchschaltern in der Windenergieanlage handelt es sich um Rauchschalter mit einer optischen Rauchererkennung und einem zusätzlichen Temperaturfühler.

**Einbauort** Die Rauchschalter befinden sich im Maschinenhaus, am Generator, an der Unterseite des Maschinenträgers und im E-Modul. Weitere Informationen sind im Dokument D0701831 „Datenblatt Installationsorte der Rauchschalter“ zu finden.

**Funktion** Die Rauchschalter dienen der Erkennung eines Brands in der Windenergieanlage. Bei Erkennung von Feuer oder Rauch hält die Windenergieanlage an.

### 3.11.13 Verbandkasten

**Ausführung** Bei dem Verbandkasten in der Windenergieanlage handelt es sich um einen Verbandkasten für Arbeitsplätze mit max. 10 Personen gemäß national geltenden Normen und Richtlinien.

**Einbauort** Der Verbandkasten befindet sich in der Gondel in der Nähe des Gondelsteuerschranks.

**Funktion** Der Verbandkasten dient zur Bereitstellung von Verbandmaterial, Heftpflastern etc. für die Durchführung von Erste-Hilfe-Maßnahmen bei verletzten Personen.

### 3.11.14 Rettungsgerät

**Ausführung** Bei dem Rettungsgerät in der Windenergieanlage handelt es sich um ein Abseilgerät.

**Einbauort** Das Rettungsgerät befindet sich im Maschinenhaus in der Nähe des Krans Gondel.

**Funktion** Das Rettungsgerät dient zur Rettung und Evakuierung von Personen aus der Gondel im Not- oder Gefahrenfall, wenn der erste Rettungsweg (Abstieg im Turm) blockiert ist. Mithilfe des Rettungsgeräts können sich Personen aus dem Maschinenhaus abseilen.

### 3.11.15 Warnsignale

- Ausführung** Die Warnsignale werden optisch-akustisch über Signalsäulen oder optisch über Warnleuchten ausgegeben.
- Einbauort** Die optisch-akustischen Signalsäulen befinden sich an den folgenden Positionen in der Windenergieanlage:
- im Turmfuß
  - im Maschinenhaus
  - im Rotorkopf
- Die Warnleuchten befinden sich an den folgenden Positionen in der Windenergieanlage:
- in der Aufstiegshilfe
  - am Bedienelement der Rotorarretierung
- Funktion** Die Warnsignale dienen der Warnung von Personen im Not- und Gefahrenfall und bei unsicheren Betriebszuständen der Windenergieanlage. Die Signalsäulen und Warnleuchten sind nur bei Anwesenheit von Personen in der Windenergieanlage aktiv. Das Ein-/Ausschalten des Wartungsschalters am Steuerschrank aktiviert/deaktiviert die Signalsäulen und Warnleuchten im Turmfuß und in der Aufstiegshilfe. Das Ein-/Ausschalten des Licht- und Präsenzschalters Gondel aktiviert/deaktiviert die Signalsäulen und Warnleuchten im Maschinenhaus, im Rotorkopf und am Bedienelement der Rotorarretierung. Nach der Aktivierung wird ein Selbsttest der Signalsäulen und Warnleuchten ausgeführt.

### 3.11.15.1 Übersicht

Tab. 2: Warnsignale in der Windenergieanlage

	Ausfall der Überwachungsfunktion		Feuer, Rauch		Überschreitung der Wartungswindgeschwindigkeit		Überschreitung der Arretierungswindgeschwindigkeit bei betätigter Rotorhaltebremse oder Rotorarretierung	
	Warnlicht	Warnton	Warnlicht	Warnton	Warnlicht	Warnton	Warnlicht	Warnton
<b>Rotorkopf</b>	-	-	-	-	-	-	dauerhaft	dauerhaft
<b>Maschinenhaus</b>	kontinuierlich wiederholt: 5 s blinkend, 5 s aus	alle 5 min je 3x wiederholt: 1 s Heulton <sup>1</sup> ein, 6 s aus	blinkend	Heulton <sup>1</sup> ein	blinkend	alle 2 min wiederholt: 60 s Dauerton <sup>2</sup> ein, 60 s aus	-	-
<b>Turmfuß</b>	kontinuierlich wiederholt: 5 s blinkend, 5 s aus	alle 5 min je 3x wiederholt: 1 s Heulton <sup>1</sup> ein, 6 s aus	blinkend	alle 5 min je 3x wiederholt: 1 s Heulton <sup>1</sup> ein, 6 s aus	blinkend	alle 5 min je 3x wiederholt: 1 s Heulton <sup>1</sup> ein, 6 s aus	-	-
<b>Aufstiegshilfe</b>	kontinuierlich wiederholt: 5 s blinkend, 5 s aus	-	blinkend	-	blinkend	-	-	-
<b>Bedienelement Rotorarretierung</b>	-	-	-	-	-	-	kontinuierlich wiederholt: 5 s ein, 5 s aus	-
<b>Priorisierung<sup>3</sup></b>	hoch		mittel		niedrig		unabhängig	
<b>Reset</b>	automatisch nach letzter Erkennung		manuell		automatisch 10 min nach letzter Erkennung		automatisch nach letzter Erkennung	

<sup>1</sup> In der Tonhöhe sich verändernder Ton. Zyklisch von 1200 Hz auf 500 Hz abfallende Tonhöhe, dann wieder auf 1200 Hz springend.

<sup>2</sup> Ton mit gleichbleibender Tonhöhe. Feste Frequenz von 2700 Hz.

<sup>3</sup> Wenn mehrere Gefahren gleichzeitig vorhanden sind, wird nur vor der Gefahr mit der höchsten Priorisierung gewarnt.

Tab. 3: Warnsignale in der Aufstiegshilfe

	Unterschreitung der Betriebstemperatur der Aufstiegshilfe	Überschreitung der zulässigen Windgeschwindigkeit für die Benutzung der Aufstiegshilfe	Störung der Temperaturmessung für die Aufstiegshilfe
	Warnlicht	Warnlicht	Warnlicht
<b>Aufstiegshilfe</b>	blinkend	blinkend	kontinuierlich wiederholt: 5 s blinkend, 5 s aus
<b>Reset</b>	automatisch 60 s nach Überschreitung des Grenzwerts	automatisch 10 min nach Unterschreitung des Grenzwerts	automatisch 10 s nach einer Störung der Temperaturmessung

Tab. 4: Warnsignale bei Selbsttests der Signalsäulen und Warnleuchten

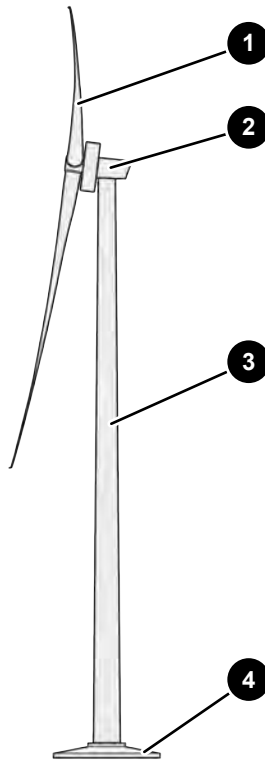
	Selbsttest Turm (Einschalten des Wartungsschalters)		Selbsttest Gondel (Einschalten der Gondelbeleuchtung)		Verkürzter Selbsttest Gondel (Auslösen über Menü)	
	Warnlicht	Warnton	Warnlicht	Warnton	Warnlicht	Warnton
<b>Rotorkopf</b>	-	-	58 s nach Einschalten der Gondelbeleuchtung: 2 s ein	58 s nach Einschalten der Gondelbeleuchtung: 2 s Heulton <sup>1</sup> ein	6 s nach Auslösen über Menü: 2 s ein	6 s nach Auslösen über Menü: 2 s Heulton <sup>1</sup> ein
<b>Maschinenhaus</b>	-	-	nach Einschalten der Gondelbeleuchtung, 15x: 2 s ein, 2 s aus	nach Einschalten der Gondelbeleuchtung, 1x: 1 s Heulton <sup>1</sup> ein, 1 s aus 1 s Dauerton <sup>2</sup> ein	2 s nach Auslösen über Menü, 2x: 2 s ein, 2 s aus	nach Auslösen über Menü, 1x: 1 s Heulton <sup>1</sup> ein, 1 s aus 1 s Dauerton <sup>2</sup> ein
<b>Turmfuß</b>	2 s nach Einschalten des Wartungsschalters, 4x: 2 s ein, 2 s aus	einmalig nach Einschalten des Wartungsschalters: 1 s Heulton <sup>1</sup> ein	-	-	-	-
<b>Aufstiegshilfe</b>	2 s nach Einschalten des Wartungsschalters, 15x: 2 s ein, 2 s aus	-	-	-	-	-
<b>Bedienelement Rotorarretierung</b>	-	-	58 s nach Einschalten der Gondelbeleuchtung: 2 s ein	-	6 s nach Auslösen über Menü: 2 s ein	-
<b>Reset</b>	automatisch nach Ende des Selbsttests					

<sup>1</sup> In der Tonhöhe sich verändernder Ton. Zyklisch von 1200 Hz auf 500 Hz abfallende Tonhöhe, dann wieder auf 1200 Hz springend.

<sup>2</sup> Ton mit gleichbleibender Tonhöhe. Feste Frequenz von 2700 Hz.

## 4 Baugruppen

### 4.1 Übersicht



**Abb. 8: Übersicht über die Windenergieanlage**

1	Rotorblatt	2	Gondel
3	Turm	4	Fundament

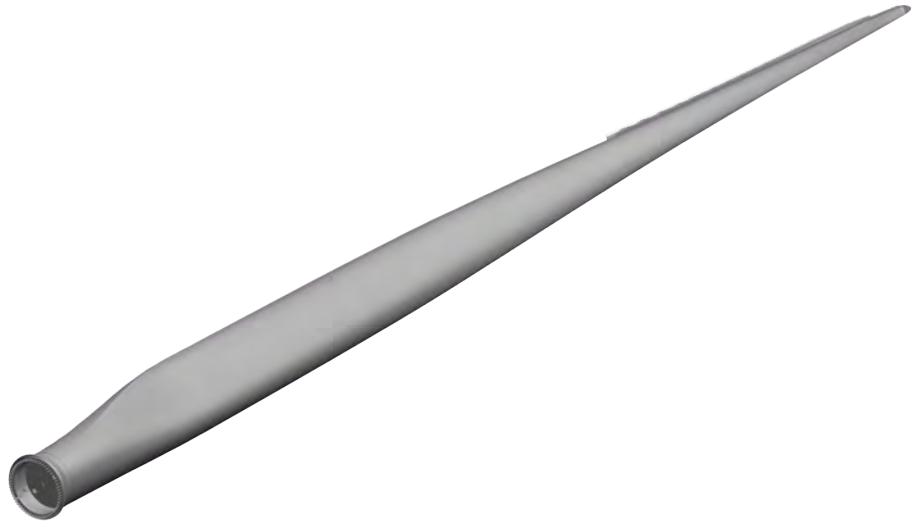
**Rotorblatt** Die Rotorblätter werden vom Wind umströmt und erzeugen so Auftrieb. Der Auftrieb versetzt den Rotor der Windenergieanlage in eine Drehbewegung.

**Gondel** Die Gondel enthält den Antriebsstrang und diverse elektrische und mechanische Komponenten und befindet sich auf dem Turm der Windenergieanlage.

**Turm** Der Turm trägt die Gondel und die Rotorblätter der Windenergieanlage und enthält diverse elektrische und mechanische Komponenten.

**Fundament** Das Fundament gehört zur tragenden Struktur der Windenergieanlage und überträgt die auftretenden Lasten auf den Boden. Das Fundament kann je nach Umgebungsbedingungen und Turmtyp als Flachgründung oder Tiefgründung realisiert werden.

## 4.2 Rotorblatt



**Abb. 9: Rotorblatt**

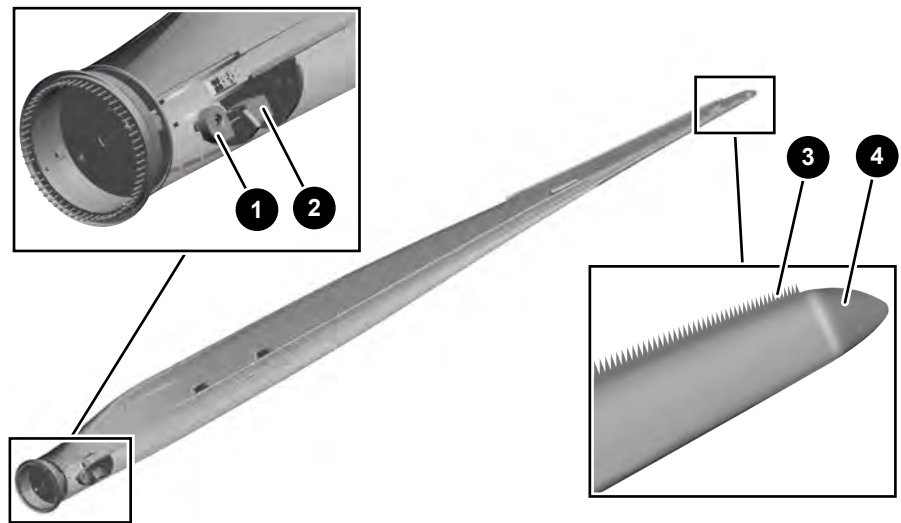
Die Rotorblätter sind elastisch und biegen sich bei Windbelastung etwas nach hinten. Die Rotorblätter sind hohl und werden durch innenliegende Stege ausgesteift.

Die Oberfläche der Rotorblätter ist beschichtet. Die Beschichtung schützt vor Verschmutzung und anderen Umwelteinflüssen. Auf der Oberfläche sind unterschiedliche Bauteile angebracht, die die Luftströmung optimieren und so zu einer Leistungssteigerung und einer geringeren Geräuscentwicklung führen.

Das Rotorblatt ist reflexionsarm. Vom Blitzschutzsystem reflektierte elektromagnetische Wellen, die zu ungewollten zusätzlichen Signalen bei Radarsystemen von zivilen Flugsicherungen, militärischen Einrichtungen und Wetterdiensten führen, sind auf ein Minimum reduziert.



#### 4.2.1 Komponenten im Rotorblatt



**Abb. 10: Komponenten im Rotorblatt**

1	Radialventilator	2	Heizregister
3	Hinterkantenkamm	4	Tip

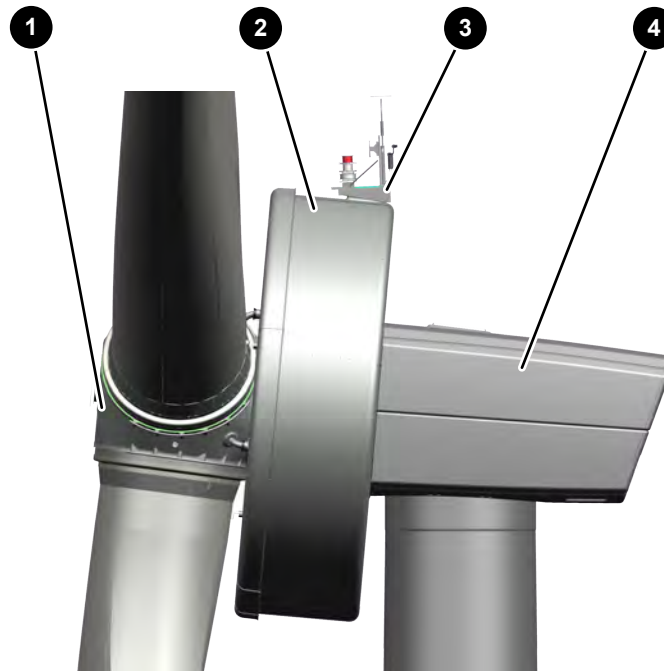
**Radialventilator** Der Radialventilator gehört zur Blattheizung. Der Radialventilator fördert die vom Heizregister erwärmte Luft ins Rotorblatt.

**Heizregister** Das Heizregister gehört zur Blattheizung. Das Heizregister erwärmt die Luft, die vom Radialventilator ins Rotorblatt gefördert wird.

**Hinterkantenkamm** Der Hinterkantenkamm, auch als Trailing Edge Serration (TES) bezeichnet, ist eine gezackte Profilleiste an der Hinterkante des Rotorblatts. Der Hinterkantenkamm sorgt für eine geringere Geräuscentwicklung.

**Tip** Der Tip ist der rechtwinklig gebogene Teil der Blattspitze. Der Tip dient der Strömungsoptimierung und als Rezeptor für das Blitzschutzsystem.

### 4.3 Gondel



**Abb. 11: Übersicht über die Gondel**

1	Rotorkopf	2	Generator
3	Dachmodul	4	Maschinenhaus

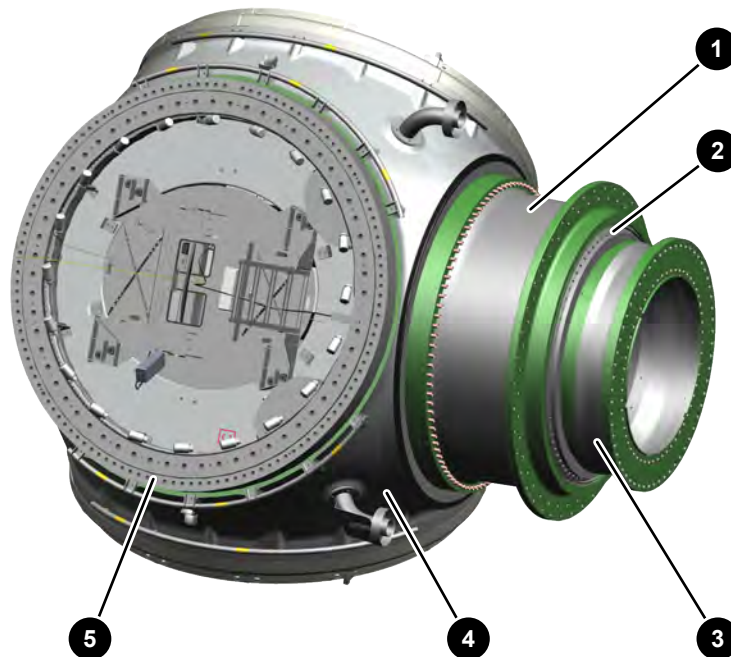
**Rotorkopf** Der Rotorkopf ist der drehende Teil der Windenergieanlage ohne Rotorblätter und Generator-Rotor.

**Generator** Der Generator ist ein hochpoliger, fremderregter Synchrongenerator. Im Generator wird die Energie des Winds in elektrische Energie umgewandelt. Der Generator besteht aus dem Generator-Stator und dem Generator-Rotor.

**Dachmodul** Das Dachmodul dient als Stehfläche und als Träger für Komponenten, die auf dem Gondeldach montiert sind, z. B. die Befeuerungsleuchten, das Sichtweitenmessgerät und die Windmessgeräte.

**Maschinenhaus** Das Maschinenhaus beinhaltet einen Großteil der feststehenden Komponenten der Gondel.

### 4.3.1 Komponenten im Rotorkopf (1)



**Abb. 12: Komponenten im Rotorkopf (1)**

1	Rotorträger	2	Rotorlager
3	Achszapfen	4	Rotornabe
5	Blattflanschlager		

**Rotorträger** Der Rotorträger verbindet die Rotornabe und den Generator-Rotor. Der Rotorträger dreht über die Rotorlager auf dem Achszapfen.

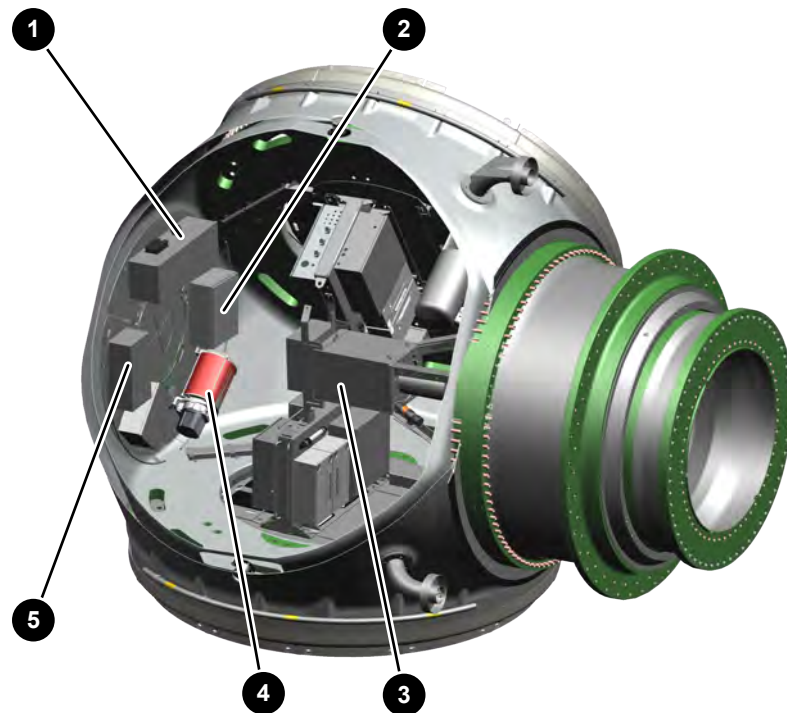
**Rotorlager** Über die Rotorlager dreht sich der rotierende Teil der Windenergieanlage auf dem Achszapfen.

**Achszapfen** Der Achszapfen ist feststehend und trägt den gesamten rotierenden Teil der Windenergieanlage. Der rotierende Teil dreht sich auf dem Achszapfen.

**Rotornabe** Die Rotornabe rotiert um die Rotorachse. An der Rotornabe sind die Rotorblätter befestigt.

**Blattflanschlager** Die Blattflanschlager verbinden die Rotorblätter und die Rotornabe und ermöglichen das Drehen der Rotorblätter um ihre Längsachse.

#### 4.3.2 Komponenten im Rotorkopf (2)



**Abb. 13: Komponenten im Rotorkopf (2)**

1	Steuerschrank Blattheizung	2	Nabenschrank BladeVision
3	Schleifringübertrager	4	Zentralschmiereinheit Rotor
5	Steuerschrank Eisansatzerkennung		

<b>Steuerschrank Blattheizung</b>	Der Steuerschrank Blattheizung enthält die Komponenten zur Steuerung und Stromversorgung der Blattheizung.
<b>Nabenschrank BladeVision</b>	Der Nabenschrank BladeVision dient der Energieversorgung und der Absicherung der Kameras des BladeVision-Systems und der Berechnung und Auswertung der Kameradaten.
<b>Schleifringübertrager</b>	Der Schleifringübertrager überträgt über Schleifkontakte elektrische Energie und Daten zwischen dem feststehenden und dem rotierenden Teil der Gondel.
<b>Zentralschmiereinheit Rotor</b>	Die Zentralschmiereinheit Rotor versorgt diverse zu schmierende Stellen im Rotorkopf mit Schmiermittel.
<b>Steuerschrank Eisansatzerkennung</b>	Der Steuerschrank Eisansatzerkennung dient zur Datenerfassung und zur Kontrolle der Sensoren für die Erkennung von Eisansatz.

### 4.3.3 Komponenten im Rotorkopf (3)

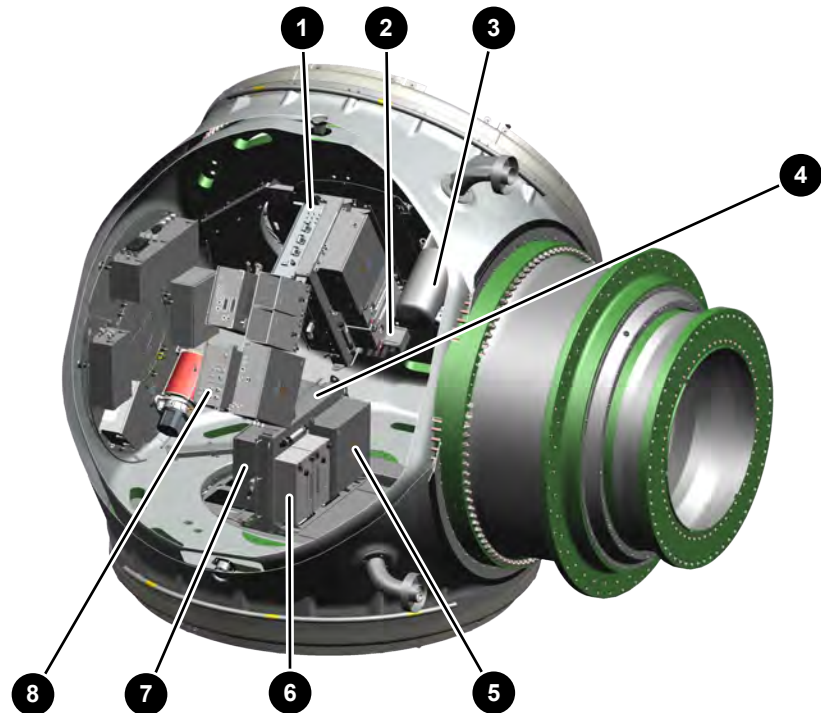


Abb. 14: Komponenten im Rotorkopf (3)

1	Blattsicherheitsschrank	2	Beleuchtungsunterverteilung Rotor
3	Blattverstellantrieb	4	Transformator Blattverstellung
5	Blattrelaisschrank	6	Kondensatoreinheit Rotor
7	Blattregelschrank	8	Rotorunterverteilung

#### Blattsicherheitsschrank

Der Blattsicherheitsschrank enthält Komponenten für die Sicherheitssteuerung. Die Sicherheitssteuerung überwacht diverse Sicherheitsfunktionen, z. B. die Drehzahlüberwachung, die Blattlastbegrenzung, den Schutz vor Überschreitung des maximalen oder minimalen Blattwinkels und den Not-Halt der Windenergieanlage.

#### Beleuchtungsunterverteilung Rotor

Die Beleuchtungsunterverteilung Rotor dient als Unterverteilung für die Beleuchtung im Bereich des Rotorkopfs, der Rotorblätter und des Generator-Rotors.

#### Blattverstellantrieb

Die Blattverstellantriebe bestehen aus einem Blattverstellmotor und einem Blattverstellgetriebe. Die Blattverstellantriebe drehen die Rotorblätter, um den Blattwinkel zu verstellen.

#### Transformator Blattverstellung

Der Transformator Blattverstellung wandelt die vom Schleifringübertrager gelieferte Spannung in die von den Blattverstellantrieben benötigte Spannung um.

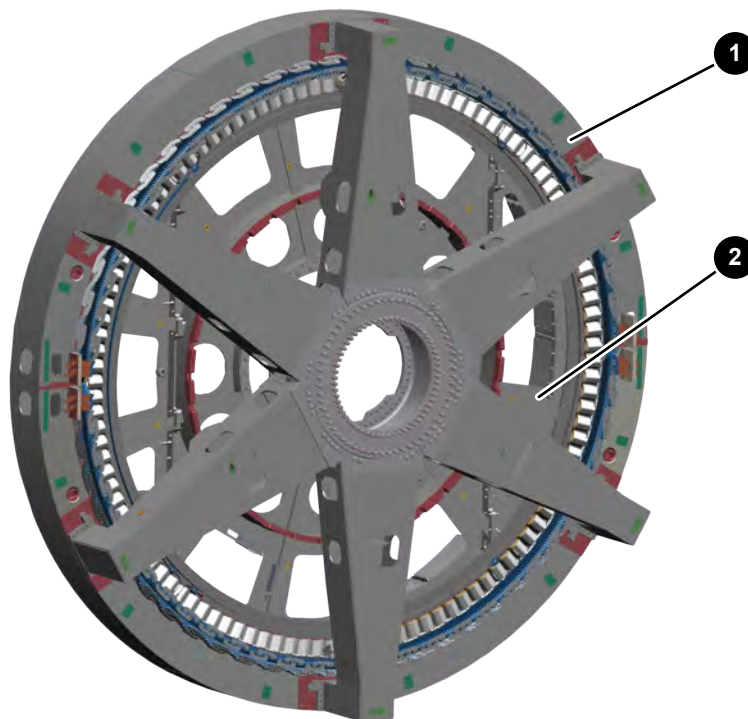
**Blattrelaisschrank** Die Blattrelaisschränke enthalten Schütze, mit denen die Versorgung des Blattverstellsystems bei einer Notverstellung von den Blattregelschränken auf die Kondensatoreinheiten Rotor umgeschaltet wird.

**Kondensatoreinheit Rotor** Die Kondensatoreinheiten Rotor dienen der Notstromversorgung des Blattverstellsystems.

**Blattregelschrank** Die Blattregelschränke sind Teil des Blattverstellsystems und enthalten Komponenten zur Steuerung des Blattwinkels, die Gleichrichter für die Stromversorgung des Blattverstellsystems und die Leistungskomponenten für die Blattverstellantriebe.

**Rotorunterverteilung** Über die Rotorunterverteilung werden die Steuerleitungen vom Schleifringübertrager an die Blattregelschränke und die Blattrelaisschränke weitergeleitet. Die Rotorunterverteilung verbindet diverse Sensoren im Rotorkopf mit den Blattregelschränken.

#### 4.3.4 Komponenten im Generator



**Abb. 15: Komponenten im Generator**

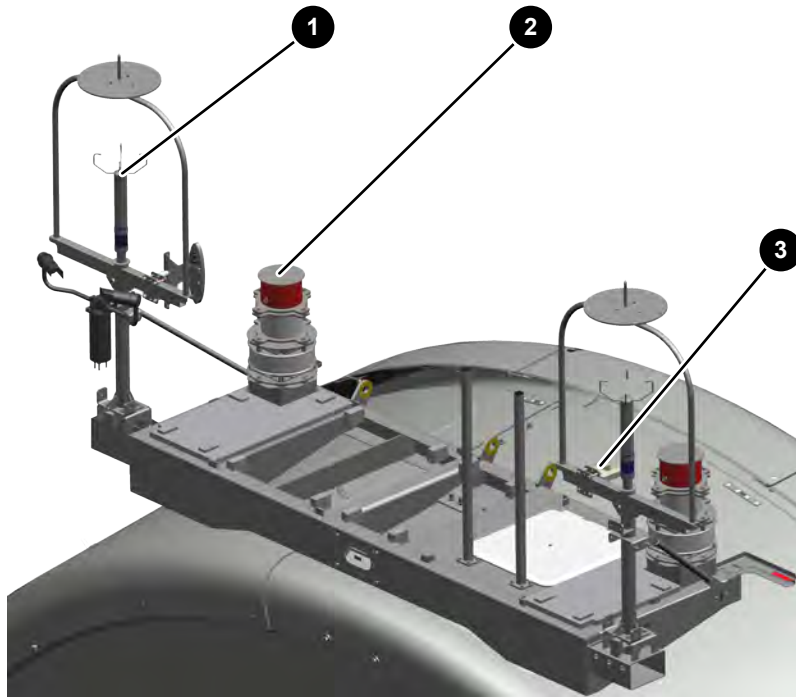
1	Generator-Stator	2	Generator-Rotor
---	------------------	---	-----------------

**Generator-Stator** Der Generator-Stator ist der feststehende Teil des Generators. Im Generator-Stator wird die elektrische Spannung induziert. Der Generator-Stator ist über den Statorträger mit Statortragarmen und über den Statorstern am Maschinenträger befestigt. Die Statortragarme dienen zusätzlich als Träger für weitere Komponenten.



**Generator-Rotor** Der Generator-Rotor ist der drehende Teil des Generators. Im Generator-Rotor wird das für die Stromerzeugung notwendige Magnetfeld aufgebaut.

#### 4.3.5 Komponenten am Dachmodul



**Abb. 16: Komponenten am Dachmodul**

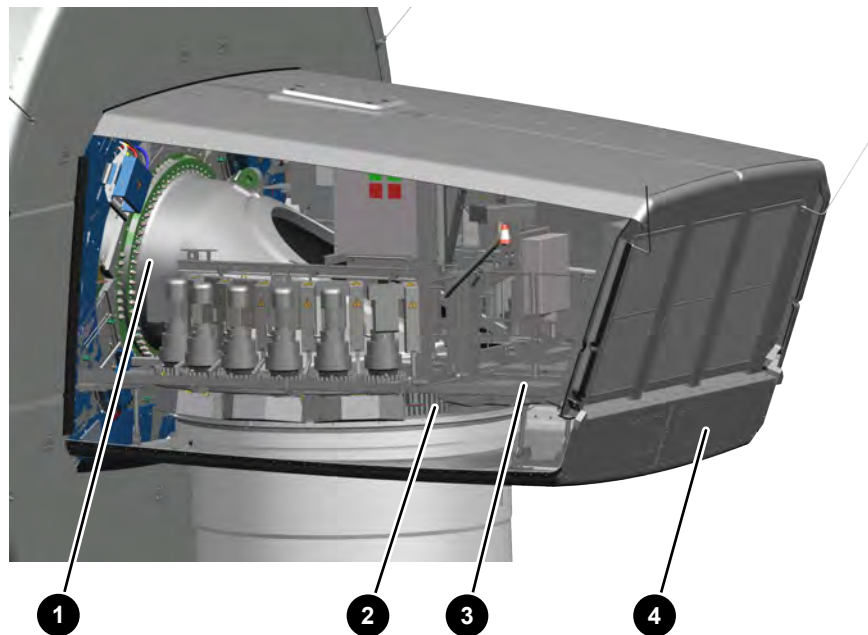
1	Windmessgerät	2	Befeuerungsleuchte
3	Sichtweitenmessgerät		

**Windmessgerät** Bei den Windmessgeräten handelt es sich um Ultraschall-Windmessgeräte. Die Ultraschall-Windmessgeräte messen ständig die Windgeschwindigkeit und die Windrichtung und vergleichen die Messergebnisse miteinander.

**Befeuerungsleuchte** Die Befeuerungsleuchten dienen zur Kennzeichnung der Windenergieanlage als Luftfahrthindernis.

**Sichtweitenmessgerät** Das Sichtweitenmessgerät dient zur Regulierung der Befeuerung. Wenn das Sichtweitenmessgerät gute Sichtbedingungen misst, wird die Lichtstärke der Befeuerung reduziert, um die Beeinträchtigung der Umgebung durch Lichtemission zu verringern und Energie einzusparen.

#### 4.3.6 Komponenten im Maschinenhaus (1)



**Abb. 17: Komponenten im Maschinenhaus (1)**

1	Maschinenträger	2	Azimutlager
3	Gondelbühne	4	Gondelverkleidung

**Maschinenträger** Der Maschinenträger ist über das Azimutlager drehbar auf dem Turm gelagert. Am Maschinenträger sind alle Komponenten der Gondel direkt oder indirekt befestigt, sodass bei Drehung des Maschinenträgers auf dem Azimutlager die gesamte Gondel gedreht wird.

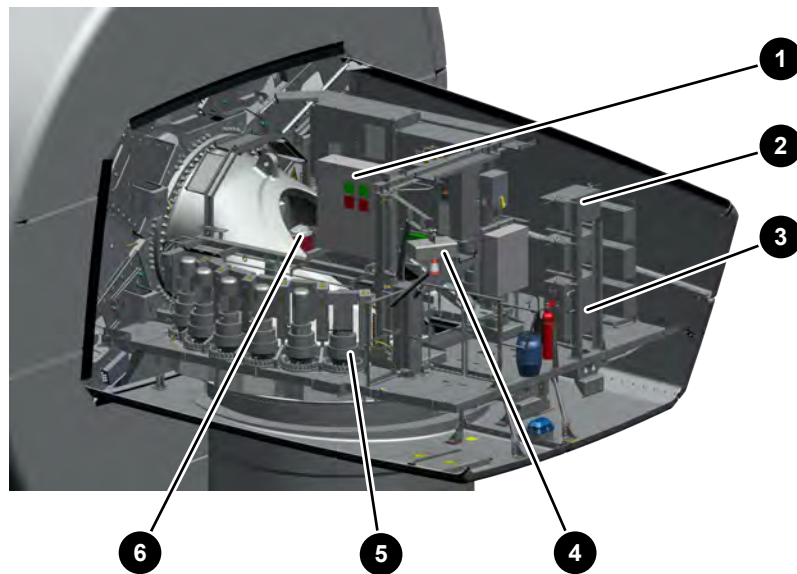
**Azimutlager** Das Azimutlager trägt die gesamte Gondel und ermöglicht die Drehung der Gondel auf dem Turm.

**Gondelbühne** Die Gondelbühne dient als Aufstell- und Montagefläche für Schaltschränke und andere Komponenten in der Gondel. Zudem dient die Gondelbühne als Lauf- und Arbeitsfläche für Personen.

**Gondelverkleidung** Die Gondelverkleidung besteht aus mehreren Teilstücken und schützt die in der Gondel verbauten Komponenten vor Witterungseinflüssen. Über Abscheidersegmente in der Gondelverkleidung wird die für die Generatorkühlung angesaugte Luft getrocknet.



#### 4.3.7 Komponenten im Maschinenhaus (2)



**Abb. 18: Komponenten im Maschinenhaus (2)**

1	Erregerstellerschrank	2	Akkuschrank Befeuerung
3	Steuerschrank Befeuerung	4	Kran Gondel
5	Azimutantrieb	6	Zentralschmiereinheit Maschinenhaus

##### **Erregerstellerschrank**

Der Erregerstellerschrank enthält den Erregersteller, der den Generator-Rotor mit dem Strom versorgt, der für den Aufbau des Erregerfelds benötigt wird.

##### **Akkuschrank Befeuerung**

Der Akkuschrank Befeuerung enthält Akkumulatoren, die die Stromversorgung der Befeuerung im Falle eines Netzausfalls für eine bestimmte Zeit aufrechterhalten.

##### **Steuerschrank Befeuerung**

Der Steuerschrank Befeuerung enthält die Steuerung der Befeuerung.

##### **Kran Gondel**

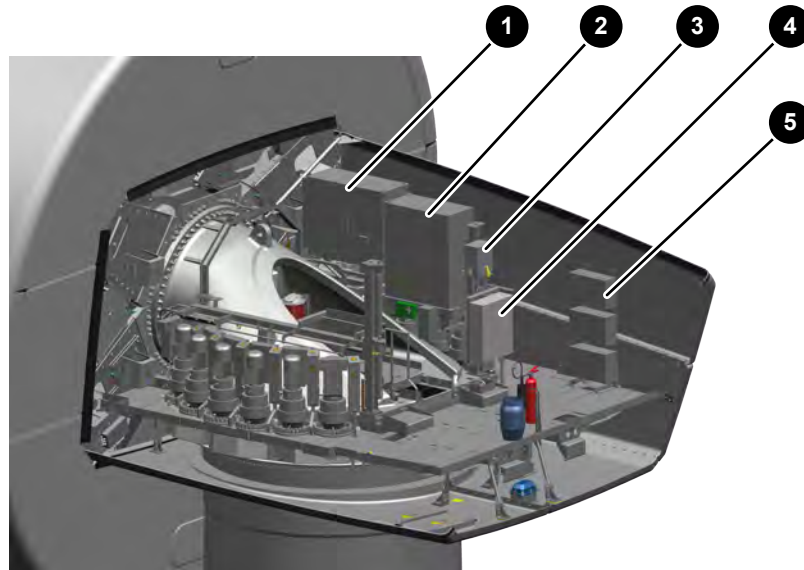
Der Kran Gondel dient zum Transport von Werkzeugen und Materialien zwischen dem Erdboden und der Gondel.

##### **Azimutantrieb**

Die Azimutantriebe sind am Maschinenträger befestigt. Die Azimutantriebe bestehen aus einem Azimutmotor und einem Azimutgetriebe. Die nach unten gerichtete Abtriebswelle endet in einem Zahnrad, das in die feststehende, am oberen Turmrand sitzende Azimutlagerverzahnung greift. Wenn die Azimutantriebe eingeschaltet werden, drehen sie den Maschinenträger und damit die gesamte Gondel. In den Azimutantrieben sind Bremsen integriert, die ein ungewolltes Drehen der Gondel verhindern.

**Zentralschmiereinheit  
Maschinenhaus**

Die Zentralschmiereinheit Maschinenhaus versorgt diverse zu schmierende Stellen im Maschinenhaus und im Rotorkopf mit Schmiermittel.

**4.3.8 Komponenten im Maschinenhaus (3)**


**Abb. 19: Komponenten im Maschinenhaus (3)**

1	Hauptverteilung Gondel	2	Gondelsteuerschrank
3	Steckdosenversorgung 110 V	4	Schaltschrank elektrische Grundversorgung Gondel
5	Anschlussbox Monitoring-system		

**Hauptverteilung Gondel**

Die Hauptverteilung Gondel beinhaltet unter anderem die Sicherungen und die Stromverteilung für die Verbraucher in der Gondel.

**Gondelsteuerschrank**

Im Gondelsteuerschrank wird die gesamte Sensorik der Gondel erfasst und ausgewertet. Die Windnachführung wird gesteuert und die Rotordrehzahl wird erfasst. Über ein Bedienpanel am Gondelsteuerschrank können zudem bestimmte Funktionen und Systeme manuell bedient werden.

**Steckdosenversorgung  
110 V**

Die Steckdosenversorgung 110 V dient als Unterverteilung mit Schutzschaltern für die Steckdosen in der Gondel.

**Schaltschrank elektrische Grundversorgung  
Gondel**

Der Schaltschrank elektrische Grundversorgung Gondel stellt die Spannungsversorgung diverser Komponenten in der Gondel bereit, z. B. der Steckdosen, der Beleuchtung in der Gondel, des Krans Gondel und der Befeuerung. Einige dieser Komponenten sichert der Schaltschrank elektrische Grundversorgung Gondel über Schutzschalter zusätzlich ab.

### Anschlussbox Monitoringsystem

Die Anschlussbox Monitoringsystem stellt die Spannungsversorgung für Fledermaus-Monitoringsysteme bereit. Mithilfe der Anschlussbox Monitoringsystem können diese Monitoringsysteme bei Aufzeichnung von Fledermausrufen vom Stromnetz getrennt und durch einen Akkumulator mit Strom versorgt werden, um eventuelle Störsignale aus dem Stromnetz auszuschließen.

### 4.3.9 Komponenten im Maschinenhaus (4)

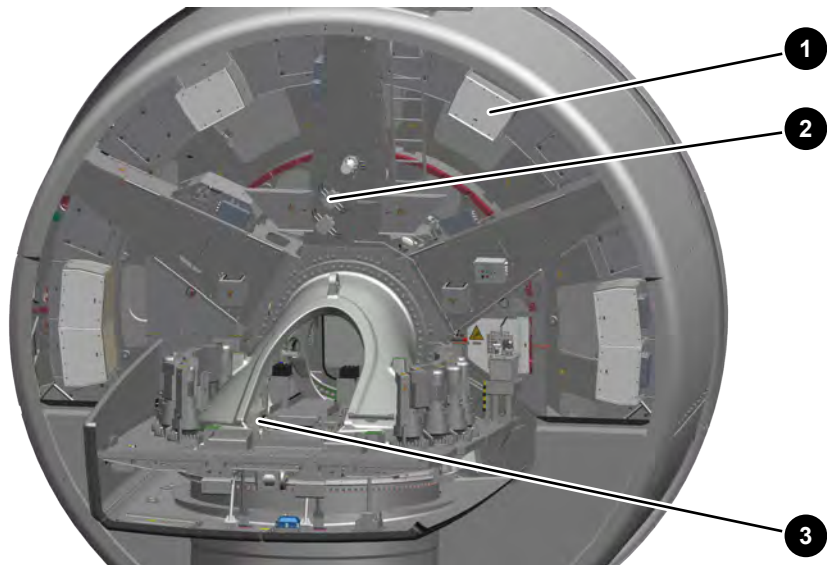


Abb. 20: Komponenten im Maschinenhaus (4)

1	Gondellüfter	2	Befeuervungsverteiler
3	Freischaltbox Blattheizung		

#### Gondellüfter

Die Gondellüfter dienen zur Kühlung der Komponenten in der Gondel, vor allem zur Kühlung des Generators.

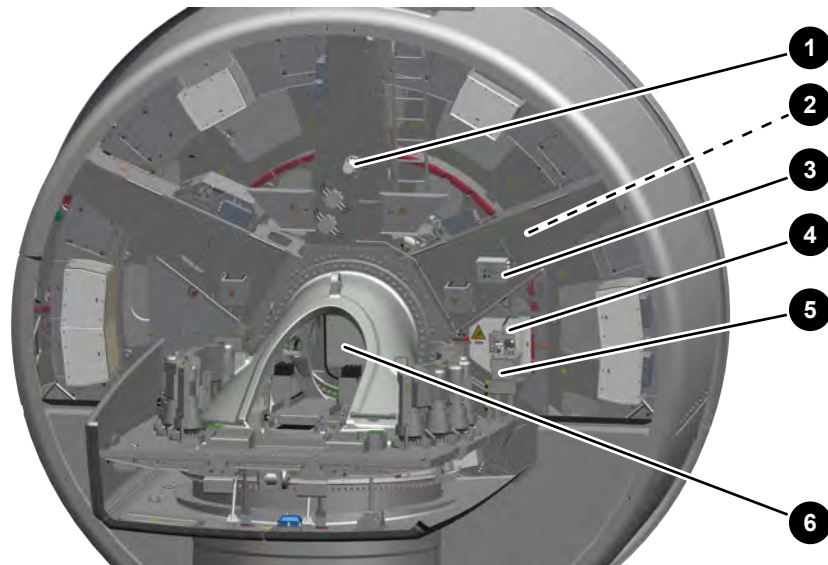
#### Befeuervungsverteiler

Der Befeuervungsverteiler dient zur Verteilung der Stromversorgung und zur Absicherung und Steuerung der Befeuervungsleuchten.

#### Freischaltbox Blattheizung

Über die Freischaltbox Blattheizung kann die Energieversorgung der Blattheizung unterbrochen werden.

#### 4.3.10 Komponenten der Rotorarretierung



**Abb. 21: Komponenten der Rotorarretierung**

1 Rotorarretierungsbolzen	2 Rotorhaltebremse
3 Statorunterverteilung	4 Zugangstür zum Generator
5 Hydraulikaggregat	6 Zugangstür zum Rotorkopf

##### **Rotorarretierungsbolzen**

Die Rotorarretierungsbolzen sind Teil der Rotorarretierung. Die Rotorarretierung dient zum Festsetzen des Rotors, sodass sich der Rotor nicht mehr drehen kann und der Rotorkopf und der Generator sicher betreten werden können.

##### **Rotorhaltebremse**

Die Rotorhaltebremse dient zum Festhalten des Rotors in bestimmten Situationen, damit sich der Rotor nicht mehr drehen kann, z. B. vor dem Setzen der Rotorarretierung.

##### **Statorunterverteilung**

Die Statorunterverteilung erfasst Sensorsignale aus dem Bereich des Generator-Stators und tauscht Daten mit dem Gondelsteuerschrank aus. An der Statorunterverteilung befinden sich Bedienelemente für die Bedienung der Rotorhaltebremse und der Rotorarretierung.

##### **Zugangstür zum Generator**

Die Zugangstür zum Generator ist über ein elektrisches Zuhaltssystem gesichert und dient zum sichereren Verschluss des Zugangs zum Generator. Die Zugangstür kann nur geöffnet werden, wenn die Rotorarretierung gesetzt ist und die Gondellüfter ausgeschaltet sind.

##### **Hydraulikaggregat**

Das Hydraulikaggregat ist ein kombiniertes Aggregat aus einer Handpumpe und einer Elektropumpe und erzeugt den hydraulischen Druck, der für die Betätigung der Rotorarretierung oder der Rotorhaltebremse benötigt wird. Zudem enthält das Hydraulikaggregat ein Zuhaltssystem, mit dem sichergestellt wird, dass die Rotorarretierung nur gelöst werden kann, wenn die Zugangstüren zum Rotorkopf und zum Generator geschlossen sind.

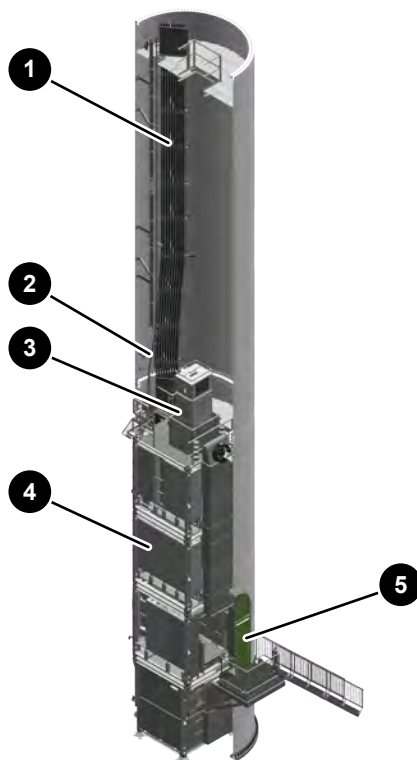
### Zugangstür zum Rotorkopf

Die Zugangstür zum Rotorkopf ist über ein elektrisches Zuhaltensystem gesichert und dient zum sichereren Verschluss des Zugangs zum Rotorkopf. Die Zugangstür kann nur geöffnet werden, wenn die Rotorarretierung gesetzt ist und die Gondellüfter ausgeschaltet sind.

## 4.4 Turm

Für die Windenergieanlage gibt es den Hybridturm und verschiedene Stahltürme. Der Hybridturm besteht aus Betonsegmenten und aus Stahlsektionen. Bei den Stahltürmen gibt es den Stahlrohrturm, den modularen Stahlturm und den Hybrid-Stahlurm. Der Stahlrohrturm besteht aus rohrförmigen Stahlsektionen, der modulare Stahlturm besteht aus abkanteten Sektionsblechen aus Stahl und der Hybrid-Stahlurm besteht aus abkanteten Sektionsblechen aus Stahl und aus rohrförmigen Stahlsektionen.

### 4.4.1 Komponenten im Turm (1)



**Abb. 22: Komponenten im Turm (1)**

1	Turmkabel	2	Sicherheitssteigleiter
3	Aufstiegshilfe	4	E-Modul
5	Eingangstür		

### Turmkabel

Die Turmkabel leiten den erzeugten Strom von der Gondel zum Turmfuß. Außerdem dienen die Turmkabel der Versorgung der Gondel mit Strom aus dem Stromnetz und der Übertragung von Mess-, Regel- und sonstigen Daten zwischen Turmfuß und Gondel.

**Sicherheitssteigleiter** Die Sicherheitssteigleiter dient dem Auf- und Abstieg im Turm. Die Sicherheitssteigleiter führt vom Turmfuß bis zum letzten Turmboden vor dem Durchstieg zur Gondel.

**Aufstiegshilfe** Die Aufstiegshilfe ist leiter- oder seilgeführt und dient zur Personen- und Materialbeförderung zwischen dem Turmfuß und dem Maschinenhaus. Die Aufstiegshilfe bewegt sich mithilfe einer Winde an einem gespannten Drahtseil auf und ab und führt vom Turmfuß bis zum vorletzten Turmboden vor dem Durchstieg zur Gondel.

**E-Modul** Das E-Modul enthält einen Großteil der elektrischen Komponenten für die Aufbereitung des elektrischen Stroms und für die Steuerung der Windenergieanlage.

**Eingangstür** Die Eingangstür dient als Zugang zur Windenergieanlage.

#### 4.4.2 Komponenten im Turm (2)

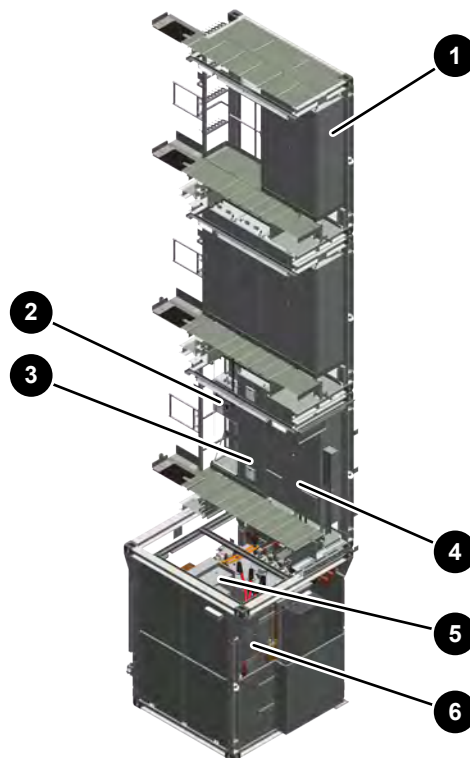


Abb. 23: Komponenten im Turm (2)

1	B2B-Umrichterschrank	2	Steuerschrank Transformator
3	Kommunikationsverteiler	4	USV Anlagensteuerung
5	Mittelspannungsschaltanlage	6	Unterverteilung Kundenversorgung 400V

**B2B-Umrichterschrank** Die B2B-Umrichterschränke enthalten jeweils einen aktiven Gleichrichter, einen Gleichspannungszwischenkreis und einen Wechselrichter. In den B2B-Umrichterschränken wird der vom Generator kom-



mende Wechselstrom vom aktiven Gleichrichter in Gleichstrom umgewandelt und über den Gleichspannungszwischenkreis zum Wechselrichter weitergeleitet. Im Wechselrichter wird der Gleichstrom in einen mit dem Stromnetz konformen 3-Phasen-Wechselstrom umgewandelt.

**Steuerschrank Transformator**

Der Steuerschrank Transformator dient zur Steuerung der Versorgung des Transformators und zum Schutz des Transformators. Im Fehlerfall oder beim Auftreten bestimmter Ereignisse, z. B. bei erhöhtem Öldruck im Transformator, bei Betätigung des Transformator-Not-Aus-Tasters am Turmeingang oder bei Erkennung eines Brands oder Erdschlusses, schaltet der Steuerschrank Transformator die Mittelspannungsschaltanlage ab. Am Steuerschrank Transformator kann die Mittelspannung in der Mittelspannungsschaltanlage zugeschaltet und abgeschaltet werden.

**Kommunikationsverteiler**

Der Kommunikationsverteiler enthält Komponenten für die Windparkkommunikation. Über den Kommunikationsverteiler ist die Windenergieanlage an die Windparkregelung und an SCADA angeschlossen.

**USV Anlagensteuerung**

Die USV Anlagensteuerung dient der Spannungsversorgung der Windenergieanlage während des Betriebs. Die USV Anlagensteuerung wird dabei aus dem internen Spannungszwischenkreis gespeist, sodass die Versorgung der Windenergieanlage vom Stromnetz entkoppelt werden kann und ein Netzfehler keinen Einfluss auf die Versorgung der Windenergieanlage hat.

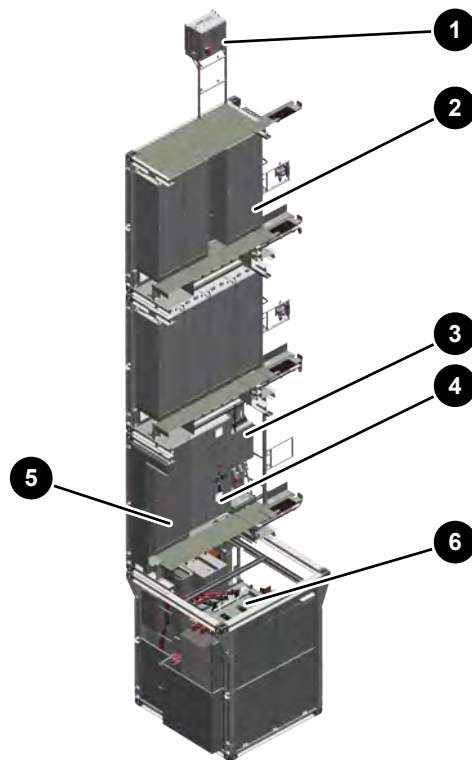
**Mittelspannungsschaltanlage**

Über die Mittelspannungsschaltanlage wird der Transformator mit dem Stromnetz des Energieversorgungsunternehmens zusammengeschaltet, um den erzeugten Strom in das Stromnetz einzuspeisen oder um Strom für den Eigenbedarf der Windenergieanlage aus dem Stromnetz aufzunehmen.

**Unterverteilung Kundenversorgung 400V**

Die Unterverteilung Kundenversorgung 400V dient dem Anschluss und der Absicherung verschiedener optionaler Komponenten, z. B. der Blattheizung oder kundenspezifischer Unterverteilungen.

#### 4.4.3 Komponenten im Turm (3)



**Abb. 24: Komponenten im Turm (3)**

1	Beleuchtungszentrale	2	Kühlkomponentenschrank
3	Schaltschrank elektrische Grundversorgung Windenergieanlage	4	Steuerschrank
5	Hauptverteilung Windenergieanlage	6	Transformator

**Beleuchtungszentrale** Die Beleuchtungszentrale ist die Versorgungs- und Steuerungseinheit für die Turminnenbeleuchtung und für die Beleuchtung des E-Moduls. In die Beleuchtungszentrale ist die Notstromversorgung der Turminnenbeleuchtung integriert.

**Kühlkomponentenschrank** Im Kühlkomponentenschrank befinden sich diverse Komponenten der Flüssigkeitskühlung Turmfuß, z. B. die Umwälzpumpe, der Ausgleichsbehälter, Messsensoren, Regel- und Absperrventile und die Schnittstelle zum Steuerschrank.

**Schaltschrank elektrische Grundversorgung Windenergieanlage** Der Schaltschrank elektrische Grundversorgung Windenergieanlage stellt die Spannungsversorgung diverser Komponenten im Turmfuß und im Turm bereit, z. B. der Steckdosen, der Beleuchtungszentrale und der Aufstiegshilfe. Einige dieser Komponenten sichert der Schaltschrank elektrische Grundversorgung Windenergieanlage über Schutzschalter zusätzlich ab.



<b>Steuerschrank</b>	Der Steuerschrank enthält die zentralen Komponenten für die Steuerung der Windenergieanlage. Im Steuerschrank wird die Sensorik der Windenergieanlage erfasst und ausgewertet. Über ein Bedienpanel am Steuerschrank können bestimmte Funktionen und Systeme manuell bedient werden.
<b>Hauptverteilung Windenergieanlage</b>	Die Hauptverteilung Windenergieanlage beinhaltet unter anderem die Versicherungen und die Stromverteilung für die Verbraucher im Turmfuß, in der Gondel und für die gesamte Steuerung. Zudem enthält die Hauptverteilung Windenergieanlage einen Netzsicherungs- und Notstromumschalter zum Umschalten zwischen Netzversorgung und Notstromversorgung.
<b>Transformator</b>	Der Transformator transformiert die in der Windenergieanlage erzeugte Spannung auf das Niveau des Stromnetzes, in das der Strom eingespeist wird.

## 5 Bedien- und Anzeigeelemente

### 5.1 Steuerschrank

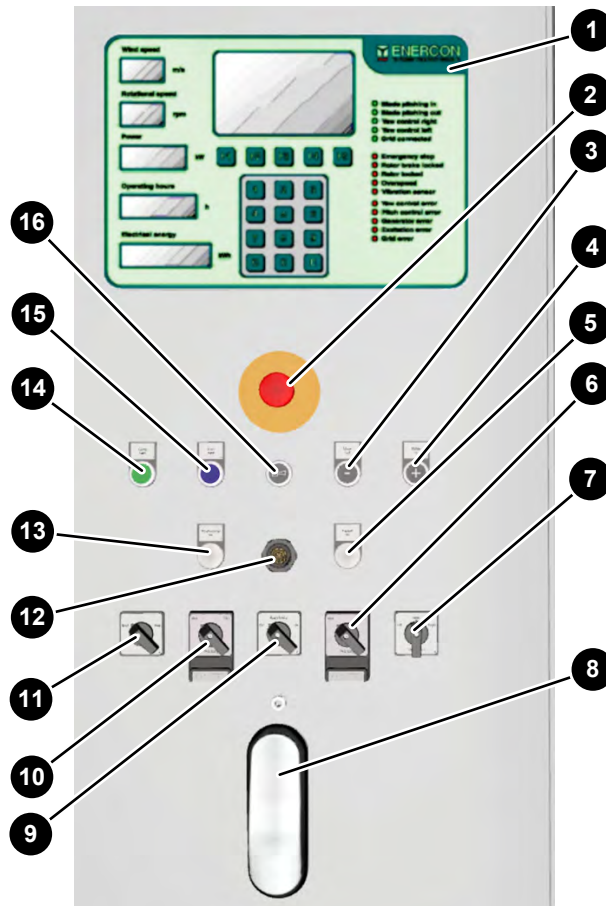


Abb. 25: Bedienfeld am Steuerschrank

1	Anlagendisplay	2	Not-Halt-Taster
3	Taster <i>Blatt raus</i> (Blade out)	4	Taster <i>Blatt rein</i> (Blade in)
5	Leuchtmelder <i>Manuell Ein</i> (Manual on)	6	Schalter <i>Manuell/Automatik</i> (Manual/Automatic) (abschließbar)
7	Schalter <i>Windnachführung</i> (Yaw control)	8	Anlagentelefon
9	Schalter <i>Rotorhaltebremse</i> (Rotor brake)	10	Schalter <i>Wartung</i> (Maintenance) (abschließbar)
11	Schalter <i>Start/Stopp</i> (Start/Stop)	12	Hupe
13	Leuchtmelder <i>Wartung Ein</i> (Maintenance on)	14	Taster <i>Schnellstart</i> (Quick start)
15	Taster <i>Störung quittieren</i> (Error reset)	16	Taster <i>Hupe</i> (Horn)

Einige der Bedienelemente dürfen ausschließlich von Personen der Qualifikationsstufe C betätigt werden. Die Betätigung durch nicht qualifizierte Personen kann zu Betriebsstörungen und Schäden führen und ist daher untersagt, auch wenn ihre Bedeutung hier erklärt wird.

**Tab. 5: Bedienelemente am Steuerschrank**

Element	Funktion/Bedeutung
Anlagendisplay	Informiert über den aktuellen Betriebszustand der Windenergieanlage Dient der Eingabe bzw. Änderung von Betriebsparametern.
Not-Halt-Taster	Löst einen Not-Halt der Windenergieanlage durch Notverstellung der Rotorblätter aus.
Taster <i>Blatt raus (Blade out)</i>	Führt die Rotorblätter im manuellen Betrieb aus dem Wind.
Taster <i>Blatt rein (Blade in)</i>	Führt die Rotorblätter im manuellen Betrieb in den Wind.
Leuchtmelder <i>Manuell Ein (Manual on)</i>	Leuchtet bei manuellem Betrieb der Windenergieanlage.
Schalter <i>Manuell/Automatik (Manual/Automatic)</i>	Schaltet die Windenergieanlage vom manuellen Betrieb in den Automatikbetrieb um oder umgekehrt.
Schalter <i>Windnachführung (Yaw control)</i>	Dreht die Gondel im manuellen Betrieb links- oder rechts herum bzw. hält sie in der momentanen Stellung.
Anlagentelefon	Ermöglicht ausschließlich Telefongespräche zwischen Gondel und Turmfuß.
Schalter <i>Rotorhaltebremse (Rotor brake)</i>	Aktiviert oder deaktiviert die Rotorhaltebremse.
Schalter <i>Wartung (Maintenance)</i>	Signalisiert dem Fernüberwachungssystem, dass Wartungsarbeiten durchgeführt werden. Gleichzeitig wird die Windenergieanlage für den Zugriff über das Fernüberwachungssystem gesperrt.
Schalter <i>Start/Stopp (Start/Stop)</i>	Startet die Windenergieanlage bzw. hält sie an (keine Notbremsung).
Leuchtmelder <i>Wartung Ein (Maintenance on)</i>	Leuchtet bei eingeschaltetem Schalter <i>Wartung (Maintenance)</i> .
Taster <i>Schnellstart (Quick start)</i>	Verkürzt den Startvorgang. Darf nur von Personen der Qualifikationsstufe C betätigt werden.
Taster <i>Störung quittieren (Error reset)</i>	Quittiert Störmeldungen, damit die Windenergieanlage ihren Betrieb fortsetzen kann.
Taster <i>Hupe (Horn)</i>	Löst ein akustisches Signal aus, um einer Person in der Gondel ein Telefongespräch über das Anlagentelefon anzukündigen.

## 5.2 Anlagendisplay am Steuerschrank

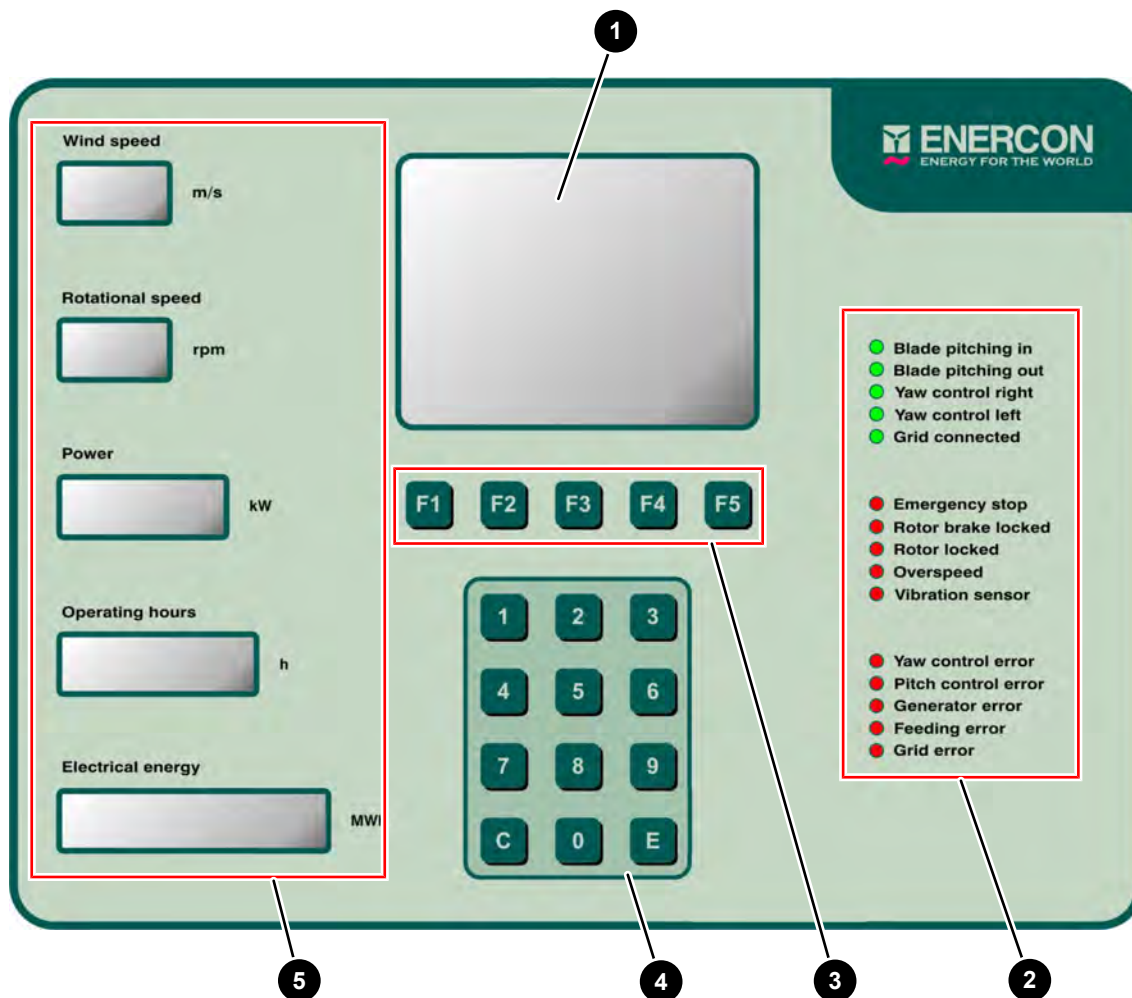


Abb. 26: Anlagendisplay am Bedienfeld am Steuerschrank

1	Hauptdisplay	2	Anzeigebereich aktueller Betriebszustände
3	Funktionstasten	4	Ziffernblock
5	Anzeigebereich aktueller Betriebswerte		

Die Benennung der Anzeige- und Bedienelemente auf dem Anlagendisplay ist nur in englischer Sprache verfügbar. Als Dialogsprache im Hauptdisplay ist Deutsch oder Englisch wählbar.

## 5.2.1 Anzeigebereich aktueller Betriebswerte

Tab. 6: Aktuelle Betriebswerte

Bezeichnung	Bedeutung
Wind speed (Windgeschwindigkeit)	Zeigt die aktuelle Windgeschwindigkeit in Meter pro Sekunde an, die vom Windmessgerät auf dem Gondeldach gemessen wird.
Rotational speed (Drehzahl)	Zeigt die aktuelle Rotordrehzahl in Umdrehungen pro Minute an.
Power (Leistung)	Zeigt die aktuell in das Stromnetz eingespeiste Leistung in Kilowatt an.
Operating hours (Betriebsstunden)	Zeigt die Anzahl der Betriebsstunden der Windenergieanlage seit Inbetriebnahme an, in denen sie Leistung in das Stromnetz eingespeist hat.
Electrical energy (Arbeit)	Zeigt die gesamte, seit Inbetriebnahme von der Windenergieanlage in das Stromnetz eingespeiste elektrische Energie (geleistete Arbeit) in Megawattstunden an.

## 5.2.2 Anzeigebereich aktueller Betriebszustände

Tab. 7: Anzeigen im normalen Betrieb

Darstellung	Anzeige	Bedeutung
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Blade pitching in</li> <li>● Blade pitching out</li> <li>● Yaw control right</li> <li>● Yaw control left</li> <li>● Grid connected</li> </ul>	Blade pitching in (Blatt rein)	Anzeige leuchtet, während die Rotorblätter in den Wind gedreht werden.
	Blade pitching out (Blatt raus)	Anzeige leuchtet, während die Rotorblätter aus dem Wind gedreht werden.
	Yaw control right (Windnachführung rechts)	Anzeige leuchtet, während die Gondel rechts herum dem Wind nachgeführt wird.
	Yaw control left (Windnachführung links)	Anzeige leuchtet, während die Gondel links herum dem Wind nachgeführt wird.
	Grid connected (Netzkopplung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Anzeige leuchtet, wenn die Windenergieanlage mit dem Stromnetz des aufnehmenden Stromversorgers verbunden ist. Es ist unerheblich, ob die Windenergieanlage Energie ins Stromnetz einspeist oder aus diesem bezieht.</li> <li>■ Anzeige blinkt, wenn der Erregersteller aus dem Stromnetz versorgt wird (während des Startvorgangs und ggf. beim Wärmen des Generator-Rotors).</li> </ul>

Tab. 8: Anzeigen bei Störungen oder bei Zuständen mit angehaltenem Rotor

Darstellung	Anzeige	Bedeutung
<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Emergency stop</b></li> <li>● <b>Rotor brake locked</b></li> <li>● <b>Rotor locked</b></li> <li>● <b>Overspeed</b></li> <li>● <b>Vibration sensor</b></li> </ul>	Emergency stop (Not-Halt)	Anzeige leuchtet, wenn durch einen der Not-Halt-Taster ein Not-Halt ausgelöst wurde. Das Leuchten erlischt, sobald alle Not-Halt-Taster wieder entriegelt sind.
	Rotor brake locked (Rotorhaltebremse betätigt)	Anzeige leuchtet bei aktivierter Rotorhaltebremse.
	Rotor locked (Rotor arretiert)	Anzeige leuchtet bei arretiertem Rotor.
	Overspeed (Überdrehzahl)	Anzeige leuchtet, wenn einer der Überdrehzahlsschalter ausgelöst hat.
	Vibration sensor (Schwingungsüberwachung)	Anzeige leuchtet, wenn die Schwingungsüberwachung ausgelöst hat.
<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Yaw control error</b></li> <li>● <b>Pitch control error</b></li> <li>● <b>Generator error</b></li> <li>● <b>Feeding error</b></li> <li>● <b>Grid error</b></li> </ul>	Yaw control error (Störung Windnachführung)	Anzeige leuchtet bei einem schwerwiegenden Fehler in der Windnachführung.
	Pitch control error (Störung Blattverstellung)	Anzeige leuchtet bei einem schwerwiegenden Fehler in der Rotorblattverstellung.
	Generator error (Störung Generator)	Anzeige leuchtet bei einem schwerwiegenden Fehler im Generator.
	Feeding error (Störung Einspeisung)	Anzeige leuchtet bei einem schwerwiegenden Fehler im Bereich der Netzeinspeisung.
	Grid error (Netzstörung)	Anzeige leuchtet bei einer Störung des aufnehmenden Stromnetzes.

### 5.2.3 Hauptdisplay mit Funktionstasten und Ziffernblock

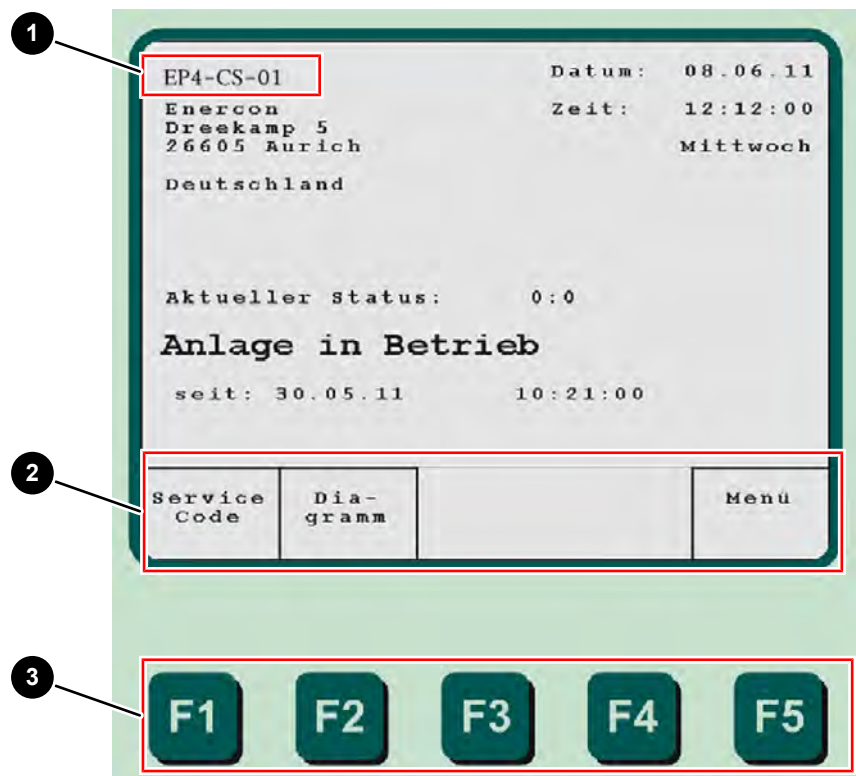


Abb. 27: Ansicht des Hauptdisplays nach dem Anlagenstart

1	Anzeige des Steuerungstyps	2	Bedeutung der Funktionstasten
3	Funktionstasten		

**Hauptdisplay** Im Hauptdisplay werden Status- und Störmeldungen angezeigt sowie Menüs mit Funktionen zur Anzeige und Einstellung von Betriebsparametern und zum Ein-/Ausschalten bestimmter Optionen angeboten. Der Dialog im Hauptdisplay ist in englischer und deutscher Sprache verfügbar.

Das Display schaltet ab, wenn einige Minuten lang keine Eingabe und kein Wechsel der Anzeige erfolgt. Das Drücken einer beliebigen Taste schaltet das Display wieder ein.

**Funktionstasten** Die Tasten *F1* bis *F5* sind programmierte Funktionstasten, d. h. ihre Funktion kann sich in Abhängigkeit vom Kontext ändern. Die aktuelle Bedeutung der Tasten wird am unteren Rand des Hauptdisplays angezeigt.

Ein Drücken der Taste *F5* öffnet das Hauptmenü. Die Rückkehr zum Startbildschirm ist durch ein gleichzeitiges Drücken der Tasten *F4* + *F5* von jedem Menüpunkt aus möglich.

**Ziffernblock** Diese Tasten dienen der Eingabe numerischer Werte. Mit der Taste *C* (Correction) können Eingaben korrigiert werden, mit der Taste *E* (Enter) wird die Eingabe bestätigt.



## 5.2.4 Statusmeldungen im Hauptdisplay

Die Statusmeldungen werden im Hauptdisplay angezeigt.

Die Statusmeldungen protokollieren fortlaufend den aktuellen Betriebszustand (Status) der Windenergieanlage und ggf. die Ursache für einen aktuellen Status, z. B. den Ausfall eines Sensors.

Circa die letzten 100 Statusmeldungen werden in der Steuerung der Windenergieanlage gespeichert. Die Liste der Statusmeldungen kann über folgenden Menüpfad eingesehen werden:

Menü > Service > Service2 > Statusliste

Eine vollständige und laufend aktualisierte Liste der möglichen Statusmeldungen kann der Betreiber über das ENERCON SIP aus dem Internet abrufen.

### Angaben einer Statusmeldung

Eine Statusmeldung beinhaltet folgende Angaben:

- Meldungsnummer/Datum/Uhrzeit/Statuscode
- Statusmeldung in Klartext
- Angabe, welche Baugruppe der Steuerung der Windenergieanlage den Status erzeugt hat

Der Statuscode besteht aus 2 Zahlen, die durch einen Doppelpunkt getrennt sind:

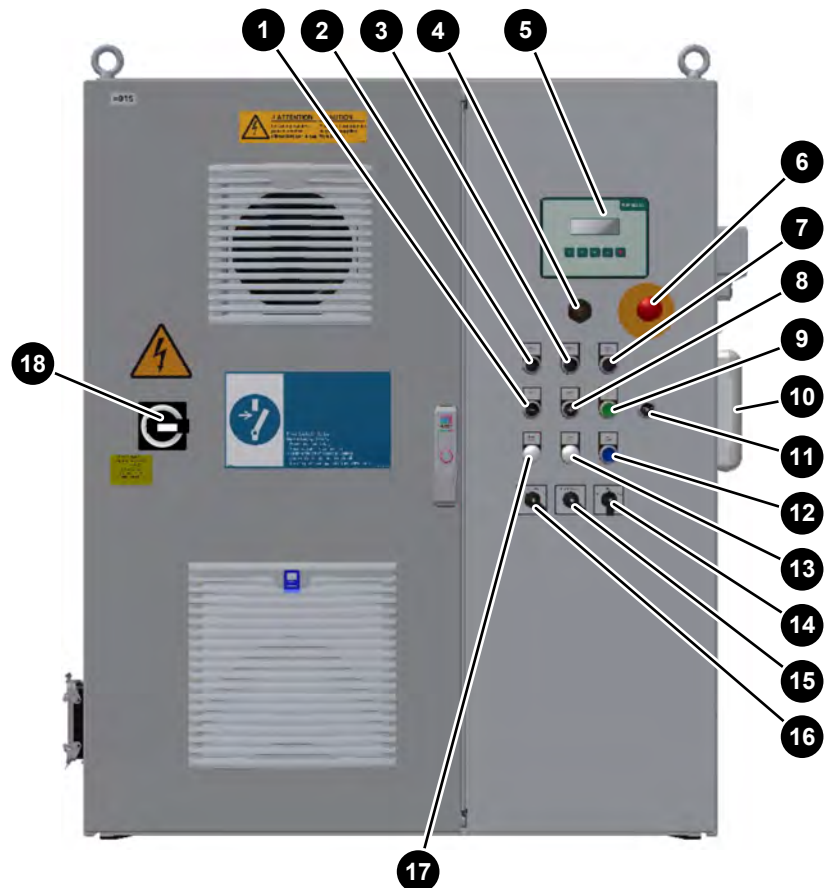
<Hauptstatus> : <Zusatzstatus>

Beispiel:

- Status 0:0 Anlage in Betrieb (Windenergieanlage ist störungsfrei in Betrieb)



### 5.3 Gondelsteuerschrank



**Abb. 28: Bedienfeld am Gondelsteuerschrank**

1 Taster <i>Blatt raus</i> (Blade out)	2 Taster <i>Blatt A</i> (Blade A)
3 Taster <i>Blatt B</i> (Blade B)	4 Hupe
5 Anlagendisplay	6 Not-Halt-Taster
7 Taster <i>Blatt C</i> (Blade C)	8 Taster <i>Blatt rein</i> (Blade in)
9 Taster <i>Schnellstart</i> (Quick start)	10 Anlagentelefon
11 Taster <i>Hupe</i> (Horn)	12 Taster <i>Störung quittieren</i> (Error reset)
13 Leuchtmelder <i>Manuell Ein</i> (Manual on)	14 Schalter <i>Windnachführung</i> (Yaw control)
15 Schalter <i>Manuell/Automatik</i> (Manual/Automatic)	16 Schalter <i>Rotorhaltebremse</i> (Rotor brake)
17 Leuchtmelder <i>Bremse fest</i> (Brake applied)	18 Hauptschalter

**Tab. 9: Bedienelemente am Gondelsteuerschrank**

Element	Funktion/Bedeutung
Not-Halt-Taster	Löst einen Not-Halt der Windenergieanlage durch Notverstellung der Rotorblätter aus. Stoppt die Azimutverstellung und die Gondellüfter.

Element	Funktion/Bedeutung
	Aktiviert die Rotorhaltebremse.
Hauptschalter	Schaltet den Gondelsteuerschrank und teilweise die vom Gondelsteuerschrank versorgten Komponenten spannungsfrei.
Anlagentelefon	Ermöglicht ausschließlich Telefongespräche zwischen Gondel und Turmfuß.
Anlagendisplay	Informiert über den aktuellen Betriebszustand der Windenergieanlage. Dient der Eingabe bzw. Änderung von Betriebsparametern.
Hupe	Kündigt ein Telefongespräch über das Anlagentelefon aus dem Turmfuß an.
Taster <i>Hupe (Horn)</i>	Löst ein akustisches Signal aus, um einer Person im Turmfuß ein Telefongespräch über das Anlagentelefon anzukündigen.
Schalter <i>Manuell/Automatik (Manual/Automatic)</i>	Schaltet die Windenergieanlage vom manuellen Betrieb in den Automatikbetrieb um oder umgekehrt.
Leuchtmelder <i>Manuell Ein (Manual on)</i>	Leuchtet bei manuellem Betrieb der Windenergieanlage.
Taster <i>Schnellstart (Quick start)</i>	Verkürzt den Startvorgang. Darf nur von Personen der Qualifikationsstufe C betätigt werden.
Taster <i>Störung quittieren (Error reset)</i>	Quittiert Störmeldungen, damit die Windenergieanlage ihren Betrieb fortsetzen kann.
Schalter <i>Windnachführung (Yaw control)</i>	Dreht die Gondel im manuellen Betrieb links- oder rechts herum bzw. hält sie in der momentanen Stellung.
Schalter <i>Rotorhaltebremse (Rotor brake)</i>	Aktiviert oder deaktiviert die Rotorhaltebremse.
Leuchtmelder <i>Bremse fest (Brake applied)</i>	Zeigt an, dass die Rotorhaltebremse aktiviert ist.
Taster <i>Blatt raus (Blade out)</i>	Führt die Rotorblätter im manuellen Betrieb aus dem Wind.
Taster <i>Blatt rein (Blade in)</i>	Führt die Rotorblätter im manuellen Betrieb in den Wind.
Taster <i>Blatt A (Blade A)</i>	Gleichzeitiges Drücken mit dem Taster <i>Blatt rein (Blade in)</i> oder <i>Blatt raus (Blade out)</i> dreht Rotorblatt A in den Wind oder aus dem Wind. Der Leuchtmelder <i>Manuell Ein (Manual on)</i> muss leuchten.
Taster <i>Blatt B (Blade B)</i>	Gleichzeitiges Drücken mit Taster <i>Blatt rein (Blade in)</i> oder <i>Blatt raus (Blade out)</i> dreht Rotorblatt B in den Wind oder aus dem Wind. Der Leuchtmelder <i>Manuell Ein (Manual on)</i> muss leuchten.
Taster <i>Blatt C (Blade C)</i>	Gleichzeitiges Drücken mit dem Taster <i>Blatt rein (Blade in)</i> oder <i>Blatt raus (Blade out)</i> dreht Rotorblatt C in den Wind oder aus dem Wind. Der Leuchtmelder <i>Manuell Ein (Manual on)</i> muss leuchten.

## 5.4 Statorunterverteilung

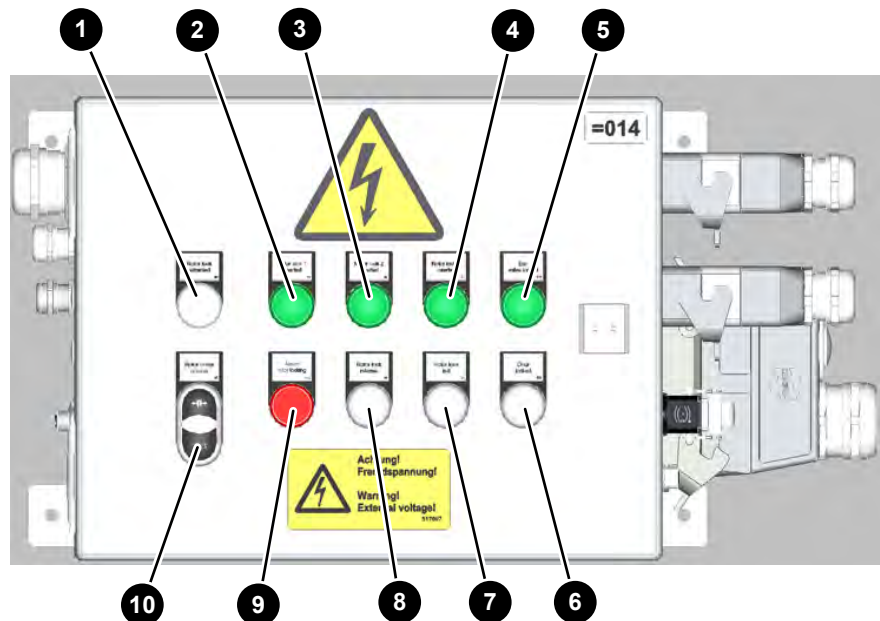


Abb. 29: Bedienelemente an der Statorunterverteilung

1 Leuchtmelder <i>Rotorarretierung nicht betätigt</i> (Rotor lock retracted)	2 Leuchtmelder <i>Rotorarretierung 1 betätigt</i> (Rotor lock 1 inserted)
3 Leuchtmelder <i>Rotorarretierung 2 betätigt</i> (Rotor lock 2 inserted)	4 Leuchtmelder <i>Rotorarretierung 3 betätigt</i> (Rotor lock 3 inserted)
5 Leuchtmelder <i>Kugelhahn verriegelt</i> (Ball valve locked)	6 Leuchttaster <i>Tür verriegelt</i> (Door locked)
7 Leuchttaster <i>Rotorarretierung setzen</i> (Rotor lock set)	8 Leuchttaster <i>Rotorarretierung freigeben</i> (Rotor lock release)
9 Leuchtmelder <i>Warnmeldung Rotorarretierung</i> (Alarm rotor locking)	10 Doppeldrucktaster <i>Rotorhaltebremse lösen</i> (Rotor holding brake release)

Die Statorunterverteilung erfasst Sensorsignale aus dem Bereich des Generator-Stators und tauscht Daten mit dem Gondelsteuerschrank aus. An der Statorunterverteilung befinden sich Bedienelemente für die Bedienung der Rotorhaltebremse und der Rotorarretierung.

Tab. 10: Bedienelemente an der Statorunterverteilung

Element	Funktion/Bedeutung
Leuchttaster <i>Rotorarretierung setzen</i> (Rotor lock set)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anzeigefunktion: Wenn die Leuchttaster <i>Rotorarretierung setzen</i> (Rotor lock set) und <i>Rotorarretierung freigeben</i> (Rotor lock release) leuchten, kann das Hydraulikaggregat zum Ein- und Ausfahren der Arretierungsbolzen betätigt werden.</li> <li>Bedienfunktion: Führt die Arretierungsbolzen aus.</li> </ul>

Element	Funktion/Bedeutung
Leuchttaster <i>Rotorarretierung freigeben (Rotor lock release)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Anzeigefunktion: Wenn die Leuchttaster <i>Rotorarretierung setzen (Rotor lock set)</i> und <i>Rotorarretierung freigeben (Rotor lock release)</i> leuchten, kann das Hydraulikaggregat zum Ein- und Ausfahren der Arretierungsbolzen betätigt werden.</li> <li>■ Bedienfunktion: Führt die Arretierungsbolzen ein.</li> </ul>
Leuchttaster <i>Tür verriegelt (Door locked)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Anzeigefunktion: Leuchtet, wenn die Zugangstüren zum Generator und Rotorkopf nicht verriegelt sind.</li> <li>■ Anzeigefunktion: Leuchtet nicht, sobald die Zugangstüren zum Generator und Rotorkopf verriegelt sind.</li> <li>■ Bedienfunktion: Verriegelt die Zugangstüren zum Generator und Rotorkopf.</li> </ul>
Leuchtmelder <i>Rotorarretierung nicht betätigt (Rotor lock retracted)</i>	Leuchtet, wenn der Rotor nicht arretiert ist.
Leuchtmelder <i>Rotorarretierung 1 betätigt (Rotor lock 1 inserted)</i>	Leuchtet, wenn der Arretierungsbolzen vollständig ausgefahren ist.
Leuchtmelder <i>Rotorarretierung 2 betätigt (Rotor lock 2 inserted)</i>	Leuchtet, wenn der Arretierungsbolzen vollständig ausgefahren ist.
Leuchtmelder <i>Rotorarretierung 3 betätigt (Rotor lock 3 inserted)</i>	Leuchtet, wenn der Arretierungsbolzen vollständig ausgefahren ist.
Leuchtmelder <i>Kugelhahn verriegelt (Ball valve locked)</i>	Leuchtet, wenn der Kugelhahn (Ventil Rotorarretierung) verriegelt ist.
Doppeldrucktaster <i>Rotorhaltebremse lösen (Rotor holding brake release)</i>	Ermöglicht das kurzzeitige Öffnen der Rotorhaltebremse.
Leuchtmelder <i>Warnmeldung Rotorarretierung (Alarm rotor locking)</i>	Blinkt, wenn die Windgeschwindigkeit zu hoch ist für das Arretieren des Rotors. Der Arretiervorgang darf nicht fortgesetzt werden. Eine bereits bestehende Arretierung muss gelöst werden.

### Anzeige des Status Rotorarretierung

Der Status der Rotorarretierung wird mit den Leuchtmeldern wie folgt angezeigt:

Tab. 11: Leuchtmelder an der Statorunterverteilung

grüne Leuchtmelder	weißer Leuchtmelder	Status der Rotorarretierung
alle ein	aus	vollständig arretiert
alle aus	ein	nicht arretiert
keiner, einer oder zwei ein	aus	nicht vollständig arretiert

### Doppeldrucktaster Rotorhaltebremse lösen (Rotor holding brake release)

Der Doppeldrucktaster *Rotorhaltebremse lösen (Rotor holding brake release)* dient zum kurzzeitigen Öffnen der Rotorhaltebremse, um das Positionieren des Rotors vor dem Arretieren zu erleichtern. In der Ausgangsstellung ist die Rotorhaltebremse aktiviert, wenn die Rotor-

haltebremse am Gondelsteuerschrank aktiviert ist. Durch Drücken und Halten des oberen Tasters *Lösen (Release)* wird die Rotorhaltebremse geöffnet. Durch zusätzliches Drücken und Halten des unteren Tasters *STOP (STOP)* wird der Öffnungsvorgang der Rotorhaltebremse gestoppt. Die Rotorhaltebremse verbleibt in geöffneter Position. Somit kann sich der Rotor sehr langsam drehen und das Finden der Arretierungsposition unter Verwendung der Einbolzhilfe wird erleichtert. Beim Loslassen beider Taster des Doppeldrucktasters *Rotorhaltebremse lösen (Rotor holding brake release)* wird die Rotorhaltebremse wieder aktiviert.

## 6 Betrieb und Funktionen

### 6.1 Stromerzeugung und -aufbereitung

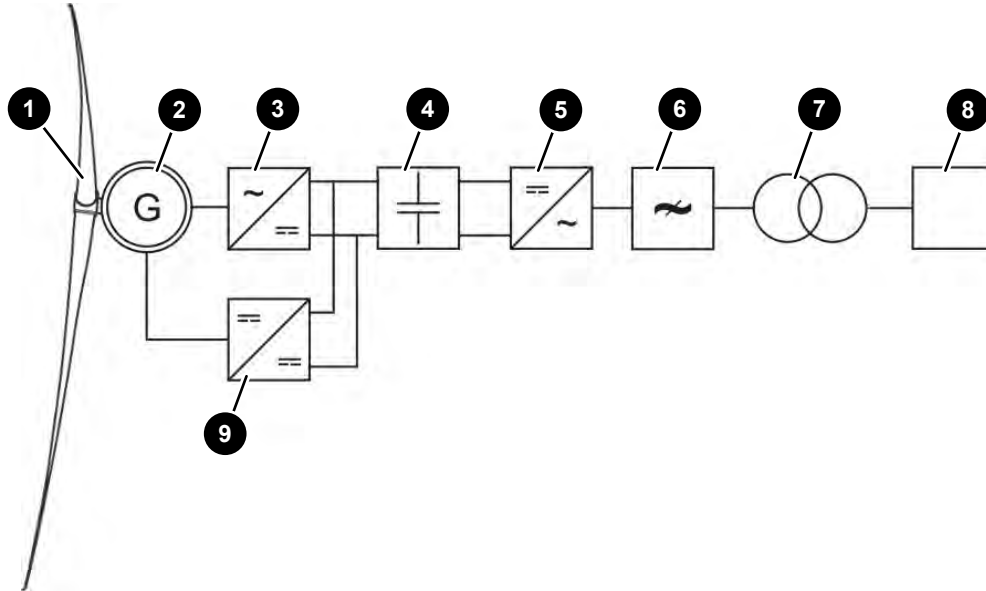


Abb. 30: Vereinfachtes elektrisches Diagramm

1	Rotor	2	Generator
3	Gleichrichter	4	Gleichspannungszwischenkreis
5	Wechselrichter	6	Filter
7	Transformator	8	Stromnetz
9	Erregersteller		

Die Windenergieanlage arbeitet mit variabler Drehzahl. Der Generator erzeugt aus der Drehbewegung des Rotors Wechselstrom mit schwankender Spannung, Frequenz und Amplitude. Der Generator ist nicht direkt an das Stromnetz gekoppelt.

Die Wicklungen im Generator-Stator bilden mehrere Stromsysteme, die unabhängig voneinander Dreiphasen-Wechselstrom liefern. Diese werden parallelgeschaltet, aktiv gleichgerichtet und anschließend in Dreiphasen-Wechselstrom mit netzkonformer Frequenz und Phasenlage umgerichtet. Der Dreiphasen-Wechselstrom wird in einem Niederspannungssystem zusammengeführt. Der Transformator passt den Dreiphasen-Wechselstrom der Spannungsebene des jeweiligen Stromnetzes an, z. B. 20 kV.

### 6.2 Stromversorgung für den Eigenbedarf

Der Strombedarf der Windenergieanlage variiert im Betrieb. Komponenten, die mit Strom versorgt werden müssen, sind z. B. die Steuerung, der Transformator, die Befuerung und die Beleuchtung.

Wenn die Windenergieanlage genügend Strom erzeugt, wird der Strombedarf mit dem erzeugten Strom gedeckt. Bei Stillstand, Trudelbetrieb und beim Start hingegen bezieht die Windenergieanlage den Strom aus dem Stromnetz des jeweiligen Netzbetreibers. Das Umschalten der Stromversorgung geschieht automatisch.

## 6.3 Betriebsarten

### Automatikbetrieb

Der Automatikbetrieb ist die Betriebsart, in der sich die Windenergieanlage standardmäßig befindet. Im Automatikbetrieb wird die Windenergieanlage automatisch und optimal betrieben. Die Gondel richtet sich selbstständig in Windrichtung aus. Die Rotorblätter verstellen sich selbstständig.

Im Automatikbetrieb wechselt die Windenergieanlage automatisch zwischen verschiedenen Betriebszuständen.

- **Volllastbetrieb:** Die Windenergieanlage erzeugt Nennleistung.
- **Teillastbetrieb:** Die Windenergieanlage erzeugt einen Teil der Nennleistung.
- **Trudelbetrieb:** Die Windenergieanlage erzeugt keine Leistung. Der Rotor dreht sich dennoch langsam, um die Belastung der Rotorlager gering zu halten.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Abhängigkeit des Betriebszustands, der Rotordrehzahl  $R$  und der abgegebenen Leistung  $P$  von der Windgeschwindigkeit  $V$ . Als Bezugsgrößen für die Windgeschwindigkeit  $V$  werden die Einschaltwindgeschwindigkeit  $V_E$ , die Nennwindgeschwindigkeit  $V_N$ , die Abregelwindgeschwindigkeit  $V_{AR}$  und die Abschaltwindgeschwindigkeit  $V_{AS}$  verwendet.

**Tab. 12: Zusammenhang zwischen Windgeschwindigkeit, Betriebszustand, Rotordrehzahl und erzeugter Leistung**

Windgeschwindigkeit $V$	Betriebszustand im Automatikbetrieb	Rotordrehzahl $R$	Erzeugte Leistung $P$
$V < V_E$	Trudelbetrieb	$R \leq$ Trudeldrehzahl	$P = 0$
$V_E \leq V < V_N$	Teillastbetrieb	$R <$ Nenndrehzahl	$P <$ Nennleistung
$V_N \leq V < V_{AR}$	Volllastbetrieb	$R =$ Nenndrehzahl	$P =$ Nennleistung
$V_{AR} < V \leq V_{AS}$	Teillastbetrieb (Sturmregelung)	$R <$ Nenndrehzahl	$P <$ Nennleistung
$V > V_{AS}$	Trudelbetrieb	$R =$ Trudeldrehzahl	$P = 0$



Wenn sich die Windgeschwindigkeit zwischen der Abschalt- und der Abregelwindgeschwindigkeit bewegt, regelt die Sturmregelung die Leistung dynamisch herunter und wieder herauf. Die Sturmregelung ermöglicht den Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten und reduziert Ertragsverluste.

Der Betriebszustand im Automatikbetrieb ist nicht ausschließlich von der Windgeschwindigkeit abhängig. Die Leistung kann auch gesteuert reduziert werden, etwa bei gewünschter Verringerung von Schallemissionen (Schalloptimierung). Außerdem kann die Windenergieanlage automatisch anhalten, z. B. durch die Schattenabschaltung oder bei Störungen. Die Windenergieanlage erzeugt dann keine Leistung. Je nach Ursache wird der Rotor gebremst oder die Windenergieanlage geht in den Trudelbetrieb über.

**Manueller Betrieb** Im manuellen Betrieb sind die automatische Windnachführung und die automatische Blattverstellung außer Funktion. Die Blattnotverstellung bleibt aktiv. Der manuelle Betrieb ist für Wartung, Störungsbehebung und Tests vorgesehen. Fernüberwachung und Fernsteuerung der Windenergieanlage werden unterdrückt. Im manuellen Betrieb wird normalerweise keine Leistung erzeugt.

## 6.4 Elektrische Konfiguration mit FACTS-Eigenschaften

Um unterschiedliche Anforderungen von Stromnetzbetreibern zu erfüllen, sind mehrere Konfigurationen der Windenergieanlage möglich. Die Windenergieanlage kann mit den nachfolgenden Kraftwerkseigenschaften ausgestattet werden.

**FACTS** FACTS steht für Flexible AC Transmission System. FACTS ist ein System von Leistungselektronik-Komponenten und deren Steuerung zur Stützung des Leistungsflusses in einem Stromnetz. Die Windenergieanlage kann bereits maximale Blindleistung bereitstellen, wenn sie nur einen Bruchteil ihrer Nennleistung einspeist. FACTS ist die Basis für die verschiedenen Konfigurationen.

**Konfiguration FT** FT steht für FACTS Transmission. Die Konfiguration FT beinhaltet verschiedene Strategien für das Durchfahren von Netzstörungen. Das Durchfahren von Netzstörungen wird auch Fault Ride Through genannt und mit FRT abgekürzt.

Bei Unter- oder Überspannung im Stromnetz läuft die Windenergieanlage zunächst weiter, ohne sich vom Stromnetz zu trennen. Verschiedene Strategien zum Durchfahren einer Netzstörung sind beispielsweise die Einspeisung von zusätzlichem Blindstrom oder der Einspeisestopp. Der Einspeisestopp wird auch Zero Power Mode genannt, es erfolgt keine Wirk- und Blindstromeinspeisung.

Nach der Störung kehrt die Windenergieanlage in den Normalbetrieb zurück und speist Energie in das Stromnetz ein, entsprechend den Sollwerten für Wirk- und Blindleistung. Das Stromnetz wird gestützt. Es entsteht kein oder nur ein sehr geringer Ertragsausfall.



Wenn während der Netzstörung Energie nicht ins Stromnetz eingespeist werden kann, wird die Energie in Wärme umgewandelt. Die Windenergieanlage kann bei Netzstörungen bis zu 5 s in Betrieb bleiben, erst danach trennt sich die Windenergieanlage vom Stromnetz. Die meisten Netzstörungen sind kürzer als 1 s.

**Konfiguration FTQ** Die Konfiguration FTQ entspricht der Konfiguration FT, jedoch mit einem erweiterten Blindleistungsbereich. Der Buchstabe Q in FTQ steht für die elektrische Blindleistung.

**Konfiguration FTS** Die Konfiguration FTS entspricht der Konfiguration FT, jedoch mit der Option STATCOM. Der Buchstabe S in FTS steht für STATCOM und bedeutet, dass die Windenergieanlage Blindleistung abgeben oder aufnehmen kann – unabhängig davon, ob sie selbst Wirkleistung erzeugt und ins Stromnetz einspeist. Die Windenergieanlage kann das Stromnetz aktiv stützen, ähnlich wie ein konventionelles Kraftwerk. Die Konfiguration FTS kann zu einem erhöhten Eigenbedarf an elektrischer Energie führen.

**Konfiguration FTQS** Die Konfiguration FTQS vereint die beschriebenen Merkmale der Konfigurationen FT, FTQ und FTS.

## 6.5 Anlagenüberwachung

Alle relevanten Betriebs- und Umgebungsdaten werden permanent von Sensoren erfasst. Anhand der erfassten Daten bewirkt die Steuerung der Windenergieanlage den optimalen und sicheren Betrieb.

Für ausgewählte Daten sind redundante Sensoren eingebaut. Dies ermöglicht eine Plausibilitätsprüfung der gemeldeten Werte und erhöht die Ausfallsicherheit der Windenergieanlage.

Die Funktion aller Sensoren wird durch die Steuerung der Windenergieanlage oder bei der Wartung kontrolliert.

Besonders kritische sicherheitsrelevante Funktionen werden in einer 2. Stufe durch zusätzliche Sensoren überwacht. Wenn einer dieser Sensoren auslöst, liegt eine schwerwiegende Störung vor. Die Windenergieanlage hält an.

**Gondelinterne Geräuschüberwachung** Im Rotorkopf befinden sich Sensoren, die auf laute Schlaggeräusche, etwa durch lose oder defekte Komponenten, reagieren. Die Windenergieanlage hält an, wenn einer der Sensoren Geräusche meldet und kein Hinweis auf andere Ursachen vorliegt.

Um Fehlalarme zu vermeiden, werden die Daten aller Geräuschsensoren in einem Windpark miteinander verglichen. Bei Einzelanlagen wird ein zusätzlicher Geräuschsensor im Maschinenhaus genutzt.

**Überwachung der Blattbelastung** Die Rotorblätter werden durch den Wind leicht nach hinten gebogen. Bei zu starker Belastung können Rotorblätter knicken oder brechen. Die dadurch entstehende Unwucht kann weitere Schäden an der Windenergieanlage hervorrufen.

Um dies zu verhindern, sind an jedem Rotorblatt 2 sich gegenüberliegende Dehnungssensoren angebracht. Die Messwerte der Sensoren werden überwacht. Wenn die Dehnung den zulässigen Grenzwert überschreitet, wird die Belastung durch Verstellung der Rotorblätter verringert. Diese Funktion wird auch als Blattlastbegrenzung oder Load Control bezeichnet.

Die von den Dehnungssensoren registrierte Dehnung hängt außer von der Windlast von weiteren Faktoren ab. Um diese Einflüsse ausschalten zu können, führt die Windenergieanlage bei jedem Anlagenstart einen Abgleich der Dehnungsmessstellen durch. Der Abgleich kann mehrere Minuten in Anspruch nehmen. Die Dehnungsmessstellen werden bei bestimmten Blattstellungen kalibriert. Der Rotor dreht sich dabei langsam.

### **Luftspaltüberwachung**

Die Breite des Luftspalts zwischen Generator-Rotor und Generator-Stator kann sich im Betrieb z. B. durch unterschiedliche Erwärmung der Generatorkomponenten geringfügig verändern. Die Breite darf jedoch einen vorgegebenen Mindestabstand nicht unterschreiten. Der Abstand wird mithilfe von Sensoren, verteilt über den Rotorumfang, überwacht. Löst einer der Sensoren wegen Unterschreitung des Mindestabstands aus, hält die Windenergieanlage an.

### **Schwingungsüberwachung**

Die Schwingungsüberwachung erkennt zu starke Schwingungen der Turmspitze der Windenergieanlage. Sensoren erfassen die Beschleunigungen der Gondel in Richtung der Nabenachse (Längsschwingung) und quer dazu (Querschwingung). Die Steuerung der Windenergieanlage berechnet daraus laufend die Auslenkung des Turms gegenüber der Ruheposition.

Zudem werden die Generatorschwingungen überwacht. Übermäßig starke Generatorschwingungen, wie sie z. B. durch eine Störung im Gleichrichter auftreten können, werden über eine in der Schwingungsüberwachung integrierte Funktion erkannt.

Überschreiten Schwingungen das zulässige Maß, hält die Windenergieanlage an.

### **Drehzahlüberwachung**

Die Rotordrehzahl wird überwacht. Die Messung der Drehzahl erfolgt mit 2 unterschiedlichen, voneinander unabhängigen Systemen. Mithilfe der ermittelten Daten regelt die Steuerung der Windenergieanlage die Rotordrehzahl durch Rotorblattverstellung auf die vorgegebene Solldrehzahl.

Wenn die Rotorblattverstellung nicht schnell genug reagieren kann und die Drehzahl einen bestimmten Schwellenwert überschreitet, hält die Windenergieanlage an. Das kann z. B. bei einer starken Bö oder einer schlagartigen Verringerung der Generatorlast passieren.

Darüber hinaus befinden sich 3 Überdrehzahlschalter im Rotor. Wenn die Rotordrehzahl die Nenndrehzahl erheblich überschreitet, lösen die Überdrehzahlschalter aus. Die Windenergieanlage hält per Notverstellung an.

<b>Überwachung der Kabelverdrillung</b>	Die Verdrillung der Turmkabel wird überwacht und die Gondel bei zu starker Verdrillung automatisch zurückgedreht. Bei einer Überschreitung des zulässigen Stellbereichs wird die Stromversorgung der Azimutmotoren unterbrochen und die Windenergieanlage hält an.
<b>Überwachung der Windnachführung</b>	Die Windnachführung wird überwacht. Wenn die Steuerung der Windenergieanlage Unregelmäßigkeiten erkennt, hält die Windenergieanlage an.
<b>Überwachung des Blattwinkels</b>	<p>Die Blattwinkel der Rotorblätter werden mit Sensoren gemessen. Wenn die Werte nicht plausibel sind, hält die Windenergieanlage an.</p> <p>Bei einer Störung der Blattverstellung kann der zulässige Verstellbereich überschritten werden. Bei einer Überschreitung des zulässigen maximalen Blattwinkels unterbrechen Endschalter mechanisch die Stromversorgung der Blattverstellmotoren, bei einer Unterschreitung des zulässigen minimalen Blattwinkels erfolgt eine Blattnotverstellung mit anschließender Unterbrechung der Stromversorgung der Blattverstellmotoren. In beiden Fällen hält die Windenergieanlage an.</p>
<b>Überwachung der Blattnotverstellung</b>	Die Spannung der Energiespeicher für die Blattnotverstellung wird überwacht. Wenn die Spannung nicht den Sollwerten entspricht, hält die Windenergieanlage an.
<b>Temperaturüberwachung</b>	<p>Sensoren messen die Temperatur an den Komponenten, die vor zu hohen Temperaturen geschützt werden müssen. Bei zu hohen Temperaturen des Generators oder Transformators wird die Leistung der Windenergieanlage reduziert, gegebenenfalls hält die Windenergieanlage an. Die Windenergieanlage kühlt ab und läuft automatisch wieder an, sobald eine vorgegebene Grenztemperatur unterschritten wird.</p> <p>Einige Messpunkte am Generator sind zusätzlich mit Übertemperaturschaltern ausgerüstet. Diese veranlassen ebenfalls ein Anhalten der Windenergieanlage, wenn die Temperatur einen bestimmten Grenzwert überschreitet. In diesem Fall läuft die Windenergieanlage nach Abkühlung nicht automatisch wieder an.</p>
<b>Transformatorüberwachung</b>	Der Öldruck und der Ölstand des Transformators werden überwacht. Bei zu hohem Öldruck oder zu niedrigem Ölstand wird die Verbindung des Transformators zum Stromnetz über die Mittelspannungsschaltanlage getrennt.
<b>Fehlerstromüberwachung</b>	Alle Phasen des Generatorsystems werden durch die Fehlerstromüberwachung auf Kurzschluss, Systemschluss und Erdschluss überwacht. Dabei misst die Fehlerstromüberwachung die Summe der hin- und zurückfließenden Ströme des Generators. Ist die Summe ungleich 0, fließen Ableitströme oder Fehlerströme. Tritt ein solcher Fehler auf, wird die Windenergieanlage angehalten.

**Überwachung der elektrischen Belastung**

Alle elektrischen Komponenten der Windenergieanlage sind gegen elektrische Überlastung abgesichert. Bei Überstrom oder Überspannung wird je nach Überlastungsart und -ursache die Leistung heruntergeregt oder die Windenergieanlage angehalten.

## 6.6 Fernüberwachung

Die Windenergieanlage ist über das ENERCON SCADA System mit einer ENERCON Serviceniederlassung verbunden. Die Überwachung der Windenergieanlage kann auf Wunsch des Betreibers auch von einer anderen Stelle übernommen werden.

Betriebsdaten, Auffälligkeiten und Störungen sind abrufbar. Störungen, die eine Statusmeldung generieren, werden dauerhaft gespeichert.

Wenn die Windenergieanlage Teil eines Windparks ist, werden die Windenergieanlagen zentral über einen ENERCON SCADA Server angebunden.

Weitere Informationen sind im Dokument D0190917 „Technische Beschreibung ENERCON SCADA System“ zu finden.

## 6.7 Rotorblattverstellung

Die Rotorblattverstellung dient der Drehung der Rotorblätter um ihre Längsachse. Mit der Drehung der Rotorblätter ändert sich der Anstellwinkel, mit dem die Luft das Rotorblatt anströmt. Mit dem Anstellwinkel ändert sich auch die erzeugte Auftriebskraft der Rotorblätter und die Kraft, mit der die Rotorblätter den Rotor drehen.

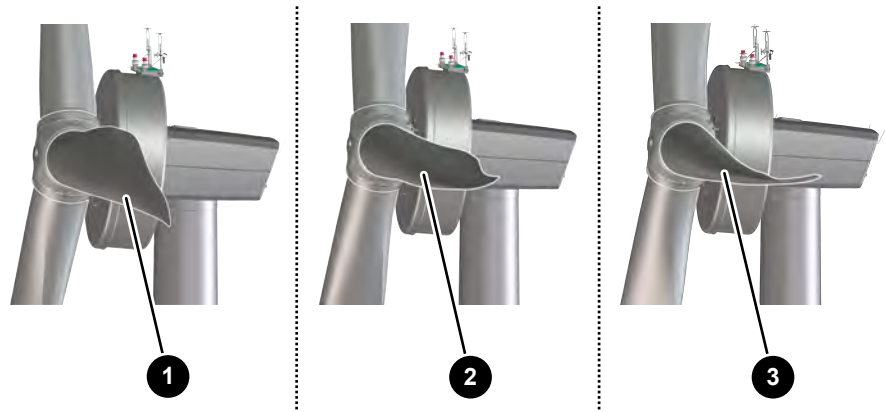
Im Automatikbetrieb arbeitet die Rotorblattverstellung automatisch. Dabei werden die Rotorblätter synchron verstellt, d. h. die Winkel der 3 Rotorblätter sind identisch. Die Winkel werden von 2 Sensoren pro Rotorblatt ermittelt.

Die Rotorblattverstellung besteht aus 1 Blattsicherheitsschrank und folgenden weiteren Bauteilen, die 1x pro Rotorblatt vorhanden sind:

- Blattflanschlager
- Blattverstellantrieb
- Blattregelschrank
- Blattrelaisschrank
- Kondensatoreinheit Rotor

**Blattwinkel**

Nachfolgend werden die Blattwinkel erläutert, die im Betrieb auftreten können.



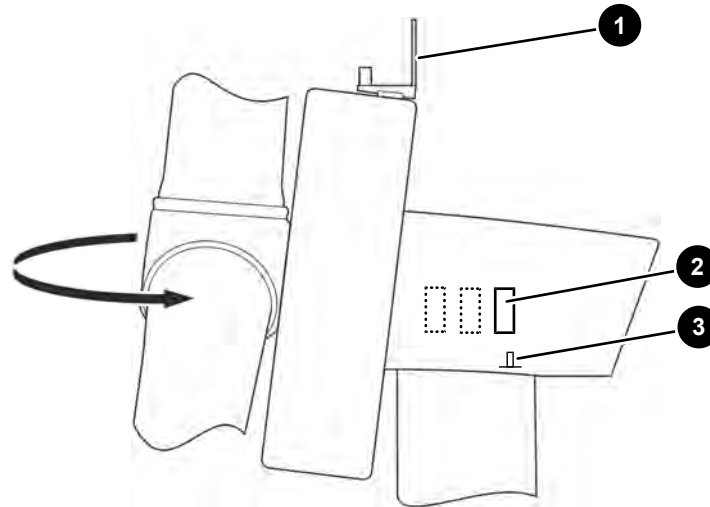
**Abb. 31: Blattwinkel**

1	Blattwinkel 0°	2	Blattwinkel 60°
3	Blattwinkel 97°		

**Tab. 13: Blattwinkel im Betrieb**

Blattwinkel	Erklärung
0°	Stellung im Teillastbetrieb. Die Rotorblätter erzeugen maximale Auftriebskraft. Der Rotor dreht sich.
0° – 60°	Stellung im Vollastbetrieb. Die Rotorblätter werden abhängig von der Windgeschwindigkeit soweit aus dem Wind gedreht, dass die Windenergieanlage Nennleistung erzeugt. Der Rotor dreht sich.
> 60°	Stellung im Trudelbetrieb. Die Rotorblätter können eine geringe Auftriebskraft erzeugen. Der Rotor trudelt oder steht bei völliger Windstille still.
97°	Fahnenstellung, die Rotorblätter erzeugen keinen Auftrieb. Der Rotor wird aerodynamisch gebremst. Er steht still oder bewegt sich minimal.

## 6.8 Windnachführung



**Abb. 32: Windnachführung**

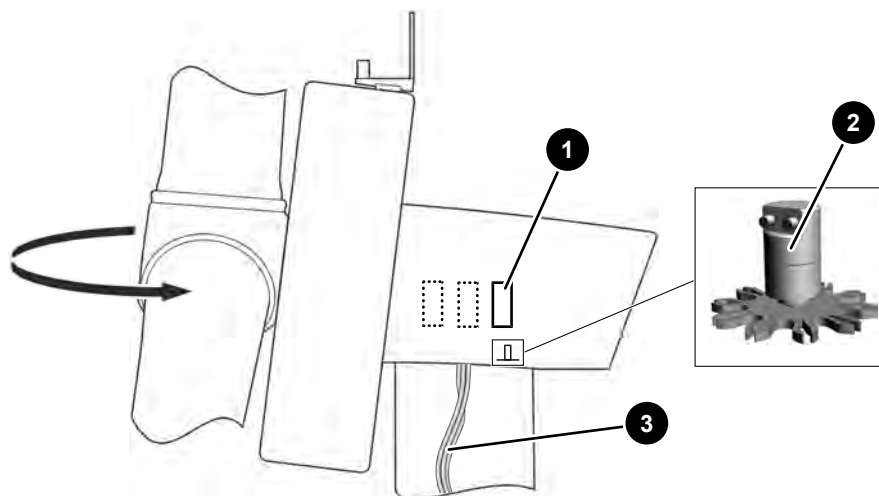
1	Windmessgerät	2	Azimutantrieb
3	Kabelverdrillschalter		

Die Gondel ist drehbar auf dem Turm gelagert. Zur optimalen Energieerzeugung muss die Gondel in Richtung des Winds ausgerichtet sein. Bei Änderungen der Windrichtung muss die Gondel dem Wind nachgeführt werden.

Mit Hilfe der Windnachführung wird die Gondel gedreht. Die Windrichtung und die Position der Gondel werden erfasst und abgeglichen. Wenn die Abweichung zwischen der Windrichtung und der Position der Gondel größer als der vorgegebene zulässige Maximalwert ist, drehen die Azimutantriebe die Gondel.

Die Windrichtung wird mithilfe des Windmessgeräts und die Position der Gondel mithilfe des Kabelverdrillschalters gemessen.

## 6.9 Kabelentdrillung



**Abb. 33: Kabelentdrillung**

1	Azimutantrieb	2	Kabelverdrillschalter
3	Turmkabel		

Die Turmkabel verdrillen sich bei Drehung der Gondel. Die Turmkabel sind direkt unterhalb der Gondel im sogenannten Verdrillbereich mit großem Bewegungsspielraum verlegt. Dadurch können sie beim Verdrillen nicht beschädigt werden.

Wenn die Verdrillung der Turmkabel zu stark ist, veranlasst die Steuerung der Windenergieanlage eine Kabelentdrillung. Es gibt 2 Grenzen, bei denen eine Kabelentdrillung durchgeführt wird. Bei schwachem Wind oder Windstille wird die Gondel zurückgedreht, wenn die Verdrillung den unteren Grenzwert erreicht. Wenn die Verdrillung den oberen Grenzwert erreicht, wird die Gondel unabhängig von der Windgeschwindigkeit zurückgedreht. Die Gondel wird jeweils weiter als bis zur Neutralstellung zurückgedreht, sodass die Turmkabel leicht in die entgegengesetzte Richtung verdrillt werden.

Das Entdrillen der Kabel dauert mehrere Minuten pro Gondelumdrehung. Sind die Kabel entdrillt, nimmt die Windenergieanlage den Betrieb automatisch wieder auf.

Die Sensorik für die Kabelverdrillung befindet sich im Kabelverdrillschalter.

## 6.10 Beleuchtung

In der Windenergieanlage sind entlang aller Wege vom Turmfuß bis zum Rotor Leuchten installiert, die eine ausreichende Beleuchtung sicherstellen. Der Schalter für die Leuchten im Turm und im E-Modul befindet sich im Turmeingangsbereich. Der Schalter für die Leuchten in der Gondel befindet sich im Einstiegsbereich zum Maschinenhaus.

Die zur Orientierung nötige Beleuchtung in der Windenergieanlage wird im Falle einer Netzunterbrechung eine bestimmte Zeit aufrechterhalten. Im unteren und oberen Bereich des Turms sind Hupen installiert, die bei einem Netzausfall ertönen und dadurch anwesende Personen im Turm, im E-Modul und in der Gondel vor einem bevor-



stehenden Ausfall der Beleuchtung warnen. Anwesenden Personen bleibt somit genügend Zeit zum Abstieg und zum Verlassen der Windenergieanlage.

## 6.11 Erwärmung elektrischer Komponenten

Einige Komponenten, z. B. die Notstromversorgung der Blattverstell-einheiten, der Generator sowie die Steuer- und B2B-Umrichter-schränke müssen bei niedrigen Temperaturen gewärmt werden, um sie betriebsbereit zu halten oder die Bildung von Kondenswasser zu vermeiden. Dies gilt besonders bei Stillstand der Windenergieanlage. Temperatur und Luftfeuchtigkeit werden von Sensoren erfasst. Die Steuerung regelt die Erwärmung der Komponenten. Zur Erwärmung der Steuer- und Leistungsschränke werden Schrankheizungen eingesetzt. Der Generator wird durch einen begrenzten Kurzschlussstrom in den Generator-Statorwicklungen oder einen Erregerstrom in den Generator-Rotorwicklungen erwärmt.

An die Flüssigkeitskühlung im Turmfuß angeschlossene Komponenten können auch durch die Erwärmung des Kühlmediums gewärmt werden.

## 6.12 Gondelkühlung

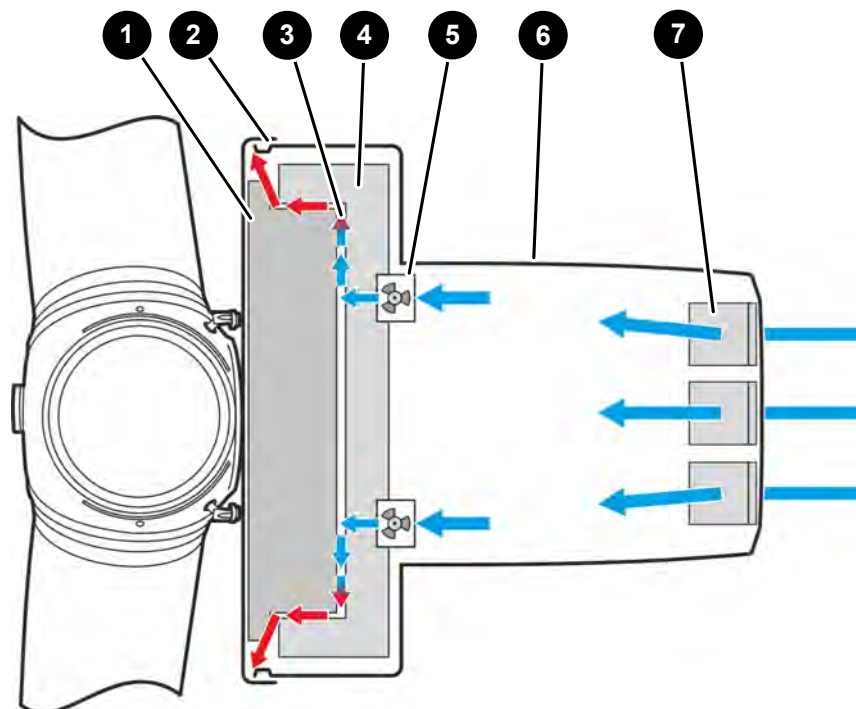


Abb. 34: Luftführung Gondel

1	Generator-Rotor	2	Spalt in der Gondelverkleidung
3	Generatorluftspalt	4	Generator-Stator
5	Gondellüfter	6	Gondelverkleidung
7	Abscheidersegment		

Die Gondel der Windenergieanlage verfügt über eine Luftkühlung. Die hauptsächlich zu kühlende Komponente in der Gondel ist der Generator. Die in der maschinenhausseitigen Luftführung-Generator eingebauten Gondellüfter saugen kühle Luft aus dem Maschinenhaus an und drücken diese durch den Generatorluftspalt. Dabei kommt es zu einer Wärmeübertragung zwischen Generator-Stator und Generator-Rotor an die Luft. Die erwärmte Luft wird über den Spalt in der Gondelverkleidung aus der Gondel geleitet.

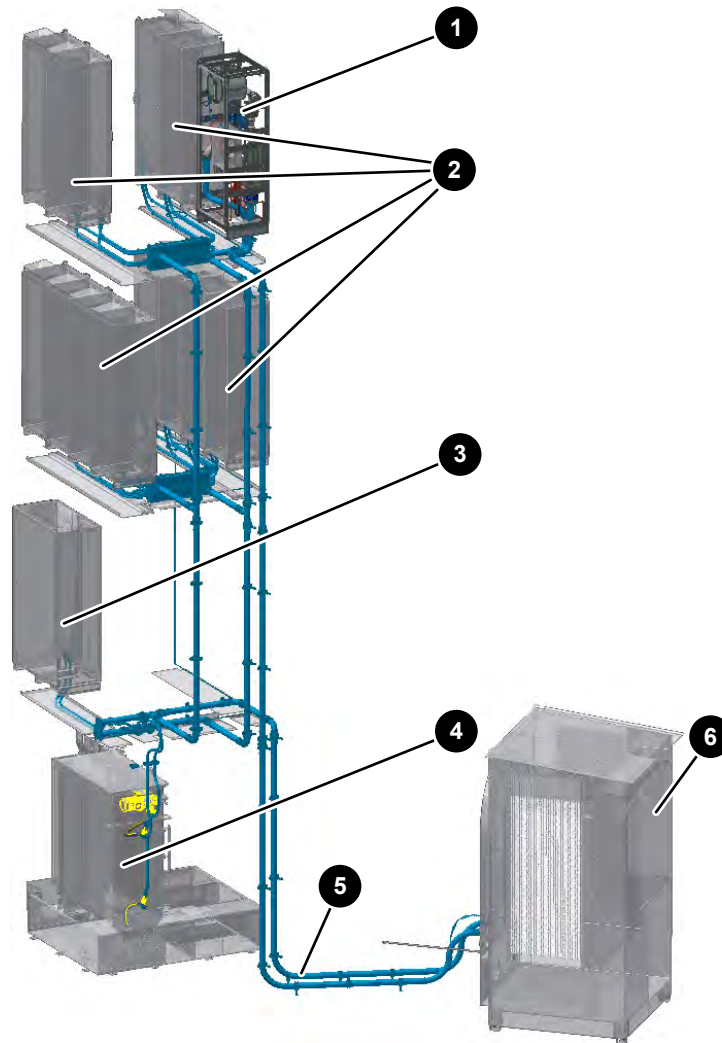
Ein weiterer Gondellüfter zur Kühlung der Komponenten in der Rotornabe befindet sich in der Zugangstür zum Rotorkopf.

Die Gondellüfter sorgen für einen geringen Unterdruck im Maschinenhaus. Dadurch wird kühle Außenluft durch Abscheidersegmente in der Gondelverkleidung in das Maschinenhaus gesaugt. Somit werden auch das Maschinenhaus und die dort vorhandenen Komponenten gekühlt. Die Abscheidersegmente in der Gondelverkleidung trocknen die angesaugte Luft.

## 6.13 Turmkühlung

Einige Komponenten im Turmfuß, insbesondere die B2B-Umrichterschränke und der Transformator, erzeugen im Betrieb Wärme. Die Wärme wird bei bestimmten Umgebungsbedingungen, wie z. B. einer hohen Windgeschwindigkeit in Kombination mit einer hohen Außentemperatur, durch eine Turmkühlung abgeführt. So kann verzögert werden, dass in den B2B-Umrichterschränken und im Transformator kritische Temperaturen erreicht werden und die Leistungsabgabe der Windenergieanlage automatisch zunehmend gedrosselt wird.

Bei der eingesetzten Turmkühlung handelt es sich um eine Flüssigkeitskühlung.

**Abb. 35: Kühlsystem mit Rückkühler**

1	Pumpenschrank	2	B2B-Umrichterschränke
3	USV Anlagensteuerung	4	Transformator
5	Schlauchleitungssystem	6	Rückkühler

Die B2B-Umrichterschränke, der Transformator und die USV Anlagensteuerung werden in einem geschlossenen Kühlsystem flüssigkeitsgekühlt. Im Pumpenschrank der Flüssigkeitskühlung befinden sich eine drehzahlvariable Kühlmittelpumpe, ein Ausgleichsbehälter, Sensoren und eine Heizung. Zur Kühlung der Leistungselektronik und des Transformators pumpt die Kühlmittelpumpe das Kühlmittel durch das Schlauchleitungssystem zu den einzelnen Schränken und Komponenten. Die erwärmte Flüssigkeit fließt anschließend in den Rückkühler, wo es mit drehzahlvariablen Ventilatoren und Umgebungsluft zurückgekühlt wird. Das Kühlmittel kann über die Heizung im Pumpenschrank erwärmt werden, um unter bestimmten Bedingungen eine Taubildung an den vom Kühlmittel durchflossenen Komponenten zu verhindern.

## 6.14 Eisansatzerkennung und Blattheizung

An den Rotorblättern kommt es bei bestimmten Witterungsverhältnissen zur Bildung von Eis-, Reif- oder Schneeablagerungen, die den Wirkungsgrad reduzieren und die Lärmemission erhöhen. Durch diese Ablagerungen entsteht eine Unwucht, die zu erhöhter Materialbelastung führt. Die Ablagerungen können so stark werden, dass von ihnen beim Herabfallen (unvermeidbarer Eisfall, wie von hohen Gebäuden) oder Wegschleudern (Eiswurf) Gefahren für Personen und Sachen ausgehen.

Um die Gefahren von Eiswurf zu reduzieren, wird serienmäßig die Eisansatzerkennung nach dem ENERCON Kennlinienverfahren eingesetzt. Wird bei laufender Windenergieanlage Eisansatz erkannt, hält die Windenergieanlage nach Ablauf der eingestellten Detektionszeit an.

Durch den Einsatz einer Blattheizung können die Vereisungszeit verkürzt und die Ertragsausfälle reduziert werden.

Zusätzlich können weitere externe Eisansatzerkennungssysteme verwendet werden, die ab Werk eingebaut sein oder nachgerüstet werden können.

Die Eisansatzerkennungssysteme beeinflussen sich nicht gegenseitig. Beim Einsatz von mehreren Eisansatzerkennungssystemen hat das Anhalten der Windenergieanlage immer eine höhere Priorisierung als das Wiederanlaufen der Windenergieanlage. Das bedeutet, dass die Windenergieanlage nicht wiederanlaufen kann, solange ein Eisansatzerkennungssystem kritischen Eisansatz erkennt, obwohl ein anderes Eisansatzerkennungssystem Eisfreiheit meldet.

### 6.14.1 Eisansatzerkennung nach dem ENERCON Kennlinienverfahren

Die aerodynamischen Eigenschaften des Rotorblatts reagieren sehr empfindlich auf Kontur- und Rauheitsänderungen durch Eisansatz. Die daraus resultierende signifikante Änderung des Betriebskennfelds der Windenergieanlage (Zusammenhang von Wind, Drehzahl, Leistung, Blattwinkel) wird vom Eisansatzerkennungssystem genutzt. Jede Windenergieanlage verfügt über eine Standard-Betriebskennlinie, die während des Betriebs durch einen selbstlernenden Algorithmus automatisch an den jeweiligen Standort angepasst wird. Dazu werden bei Außenlufttemperaturen  $> +2\text{ °C}$  die anlagenspezifischen Betriebszusammenhänge (Wind, Drehzahl, Leistung, Blattwinkel) als Langzeit-Mittelwerte erfasst. Bei Außenlufttemperaturen  $\leq +2\text{ °C}$  werden die aktuellen Betriebsdaten mit den Langzeit-Mittelwerten verglichen, da es in diesem Temperaturbereich zu Eisansatz an den Rotorblättern kommen kann.

Dazu wird über die anlagenspezifische Betriebskennlinie ein empirisch ermitteltes Toleranzband gelegt. Wenn die Betriebsdaten von Leistung oder Blattwinkel im Rahmen einer gleitenden Mittelung außerhalb des Toleranzbands liegen, wird Ansatz von Eis, Reif oder Schnee vermutet und die Windenergieanlage hält an.

Die Eisansatzerkennung nach dem ENERCON Kennlinienverfahren funktioniert prinzipbedingt nur bei laufender Windenergieanlage.

**Windpark-Eisansatzerkennung** Zur Optimierung der Sicherheit können durch die Funktion Windpark-Eisansatzerkennung alle bzw. ausgewählte Windenergieanlagen innerhalb des Windparks angehalten werden, wenn eine oder mehrere andere Windenergieanlagen im Windpark kritischen Eisansatz melden.

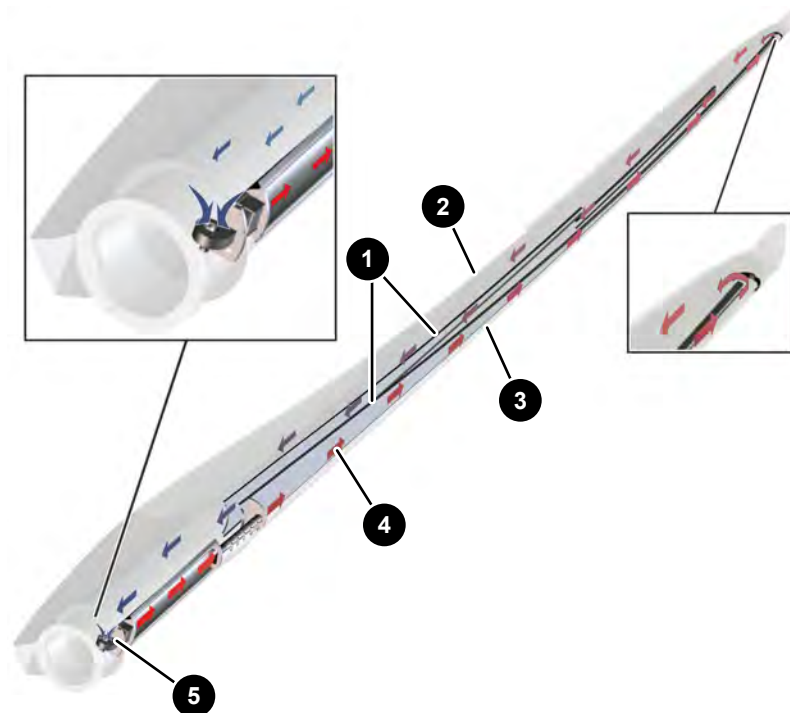
#### 6.14.2 Abtauen von Eisansatz ohne Blattheizung

Wenn Eisansatz erkannt wurde, hält die Windenergieanlage nach Ablauf der Detektionszeit an. Steigt die Außentemperatur auf mindestens  $+3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , beginnt die Abtauphase. In Abhängigkeit von der Außentemperatur wird die erforderliche Abtauzeit (max. 360 Minuten bei  $+3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) ermittelt. Steigt die Außentemperatur über  $+3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , verringert sich die Abtauzeit entsprechend. Standardmäßig erfolgt nach Ablauf der Abtauzeit ein automatischer Neustart der Windenergieanlage. Wenn das Eis noch nicht vollständig abgetaut ist, erkennt die Steuerung der Windenergieanlage durch das ENERCON Kennlinienverfahren wiederum Eisansatz und der Abtauvorgang wird wiederholt. Hierbei besteht während der Detektionszeit die Gefahr des Eiswurfs von Eisstücken mit einer gefährlichen Größe.

**Manueller Neustart Windenergieanlage** Die Windenergieanlage kann nach Sichtprüfung manuell durch Drücken des Tasters *Störung quittieren (Error reset)* am Steuerungsschrank vorzeitig wieder gestartet werden. Dabei obliegt jedoch dem Betreiber die alleinige Verantwortung für die von der Windenergieanlage ausgehende Gefährdung durch Eiswurf.

Die Eisansatzerkennung bleibt auch bei manuellem Neustart der Windenergieanlage aktiv und die Steuerung hält die Windenergieanlage erneut an, wenn Eisansatz erkannt wird.

### 6.14.3 Abtauen von Eisansatz mit Blattheizung



**Abb. 36: Blattheizung und Luftführung (Beispiel)**

1	Blattstege	2	Blatthinterkante
3	Blattvorderkante	4	Luftstrom
5	Radialventilator mit Heizregister		

Die Blattheizung besteht in jedem Rotorblatt aus einem Radialventilator mit Heizregister und dem Steuerschrank Blattheizung. Vom Radialventilator strömt die erwärmte Luft direkt an der Blattvorderkante entlang bis in die Rotorblattspitze und zwischen den beiden Blattstegen zum Blattflansch zurück. Die zurückgeströmte Luft wird im Radialventilator permanent wieder erwärmt und wieder eingeblasen. Auf diese Weise wird vor allem die Vorderkante des Rotorblatts auf Temperaturwerte oberhalb des Gefrierpunkts erwärmt, wodurch am Rotorblatt angefrorenes Eis abtauen kann.

**Leistungsaufnahme** Bei laufender Blattheizung erhöht sich der Eigenbedarf der Windenergieanlage. Eine Begrenzung der Leistungsaufnahme ist möglich. Eine Verringerung der Leistungsaufnahme kann jedoch auch zu einer Verringerung der Effizienz der Blattheizung führen.

#### 6.14.3.1 Blattheizung bei stehender Windenergieanlage

**Manueller Betrieb** Der manuelle Betrieb der Blattheizung ist standardmäßig aktiviert. Im manuellen Betrieb muss die Blattheizung nach der Eisansatzerkennung und dem Anhalten der Windenergieanlage manuell zugeschaltet werden. Das Zuschalten ist mit entsprechender Berechtigung auch



über das Fernüberwachungssystem ENERCON SCADA möglich. Nach Ablauf einer festgelegten Heizdauer läuft die Windenergieanlage entweder automatisch an oder muss manuell gestartet werden. Wird nach dem Neustart wieder Eisansatz erkannt, hält die Windenergieanlage wieder an und der Abtauvorgang ohne Blattheizung startet erneut.

**Automatikbetrieb** Der Automatikbetrieb der Blattheizung ist standardmäßig deaktiviert. Das Aktivieren und Deaktivieren des Automatikbetriebs ist mit einer entsprechenden Berechtigung auch über das Fernüberwachungssystem ENERCON SCADA möglich. Im Automatikbetrieb wird die Blattheizung nach der Eisansatzerkennung und dem Anhalten der Windenergieanlage automatisch zugeschaltet. Nach Ablauf einer festgelegten Heizdauer läuft die Windenergieanlage entweder automatisch an oder muss manuell gestartet werden. Wird nach dem Neustart wieder Eisansatz erkannt, hält die Windenergieanlage wieder an und der Abtauvorgang startet erneut.

#### 6.14.3.2 Blattheizung bei laufender Windenergieanlage

**Voraussetzung** Wenn die Sicherheitsbewertung des Standorts aussagt, dass keine Umgebungsgefährdung vorliegt, kann der Abtauvorgang durch die Blattheizung bei laufender Windenergieanlage zugelassen werden. Die Funktion ist standardmäßig deaktiviert und kann nur auf Antrag des Betreibers von ENERCON aktiviert werden. Der Betreiber trägt die Verantwortung für die Folgen von eventuellem Eisfall oder Eiswurf bei laufender Windenergieanlage.

**Manueller Betrieb** Im manuellen Betrieb muss die Blattheizung nach dem Erkennen von Eisansatz manuell zugeschaltet werden. Das Zuschalten ist mit entsprechender Berechtigung auch über das Fernüberwachungssystem ENERCON SCADA möglich. Die festgelegte Heizdauer kann bei Bedarf erhöht oder verringert werden. Ohne manuelles Zuschalten der Blattheizung hält die Windenergieanlage nach Ablauf der Detektionszeit für Eisansatz durch das ENERCON Kennlinienverfahren an. Das weitere Verhalten der Windenergieanlage entspricht dann dem Abtauen ohne Blattheizung.

**Automatikbetrieb** Das Aktivieren und Deaktivieren des Automatikbetriebs ist mit einer entsprechenden Berechtigung auch über das Fernüberwachungssystem ENERCON SCADA möglich. Im Automatikbetrieb wird die Blattheizung, nachdem die Eisansatzerkennung nach dem ENERCON Kennlinienverfahren für 10 Minuten möglichen Eisansatz erkennt, bei laufender Windenergieanlage eingeschaltet und der Eisansatz abgetaut, bevor sich kritische Eisdicken bilden. Wenn kein Eisansatz mehr festgestellt wird, bleibt die Blattheizung noch für weitere 20 Minuten in Betrieb (Nachlauf). Der Vorgang der Enteisung wiederholt sich, sobald erneut Eisansatz erkannt wird.

Wird trotz eingeschalteter Blattheizung kritischer Eisansatz erkannt, hält die Windenergieanlage an.



#### 6.14.4 Eisansatzerkennung mit externen Systemen

Die standardmäßige Eisansatzerkennung nach dem ENERCON Kennlinienverfahren funktioniert prinzipbedingt nur bei laufender Windenergieanlage.

An bestimmten Standorten muss eine Gefährdung durch Eis, das sich bei Stillstand der Windenergieanlage angesetzt hat, unbedingt vermieden werden, z. B. wenn Verkehrswege nahe der Windenergieanlage vorbeiführen. Der Betreiber der Windenergieanlage muss standortbezogen prüfen, ob zusätzliche Maßnahmen zur Eisansatzerkennung erforderlich sind.

An diesen Standorten können externe Eisansatzerkennungssysteme als Ergänzung zum ENERCON Kennlinienverfahren eingesetzt werden. Die projektspezifische Verwendbarkeit der externen Eisansatzerkennungssysteme muss vorab geprüft werden. Folgende Systeme sind verfügbar:

- Labko-Eisdetektor (Firma Labkotec)
- Eisansatzerkennung eologix® (Firma eologix)
- Eisansatzerkennung Wölfel IDD.Blade® (Firma Wölfel)
- Eisansatzerkennung fos4Blade® (Firma fos4X)

Der Labko-Eisdetektor erkennt nur Eisansatz, die anderen Systeme zusätzlich Eisfreiheit. Die Leistungseinspeisung der Windenergieanlage ist nicht erforderlich. Die Systeme können ein Wiederanlaufen der Windenergieanlage ermöglichen oder verhindern. Sofern trotz Eisansatzerkennung mit einem zusätzlichen Eisansatzerkennungssystem noch Restrisiken bestehen, muss der Betreiber geeignete Schutzmaßnahmen ergreifen.

Weitere Dokumente zu den externen Systemen sind im Verzeichnis *Mitgeltende Dokumente* zu finden.

#### 6.14.5 Gondelpositionierung bei Eisansatz

Während des Abtauens von Eis bei stehender Windenergieanlage besteht die Gefahr von Eisfall. Wenn die Windenergieanlage in unmittelbarer Nähe von Verkehrsflächen und Gebäuden steht, besteht ein erhöhtes Risiko für Personen- und Sachschäden.

Bei Eisansatz kann für die Dauer des Eisansatzes einschließlich der Abtauphase eine bestimmte Ausrichtung der Gondel vorgegeben werden. Die Gefährdung durch Eisfall wird damit auf einen kleinen Bereich entlang der Rotorebene beschränkt. Die Funktion ist standardmäßig nicht aktiviert, kann aber auf Antrag des Betreibers von ENERCON eingerichtet werden.

Im Falle von Eisansatz wird die Windnachführung der Gondel außer Kraft gesetzt. Infolgedessen können der Rotor und die Gondel seitlich und von hinten vom Wind angeströmt werden. Dies kann bei ungünstiger Witterung zu Schäden an der Windenergieanlage führen, z. B. kann Regenwasser eindringen und den Generator beschädigen. Um größere Schäden zu vermeiden, wird die Funktion ab einer einstellbaren Windgeschwindigkeit automatisch unterbrochen. Bei nachlassendem Wind und frühestens 15 Minuten nach der Unterbrechung, wird die Funktion reaktiviert.

## 6.15 Ausrüstung für extremes Klima

Durch die Verwendung spezieller Komponenten wird der Umgebungstemperaturbereich, in dem die Windenergieanlage elektrische Energie erzeugen kann, erweitert. Informationen dazu im Kapitel „Technische Daten“.

### Hot-Climate-Ausrüstung

Die Hot-Climate-Ausrüstung besteht aus einem größeren Rückkühler für die Flüssigkeitskühlung im Turmfuß. Zum Schutz vor dem Eindringen von Staub und Sand können der Rückkühler und die Abscheidersegmente am Gondelheck mit Luftfiltern ergänzt werden.

### Cold-Climate-Ausrüstung

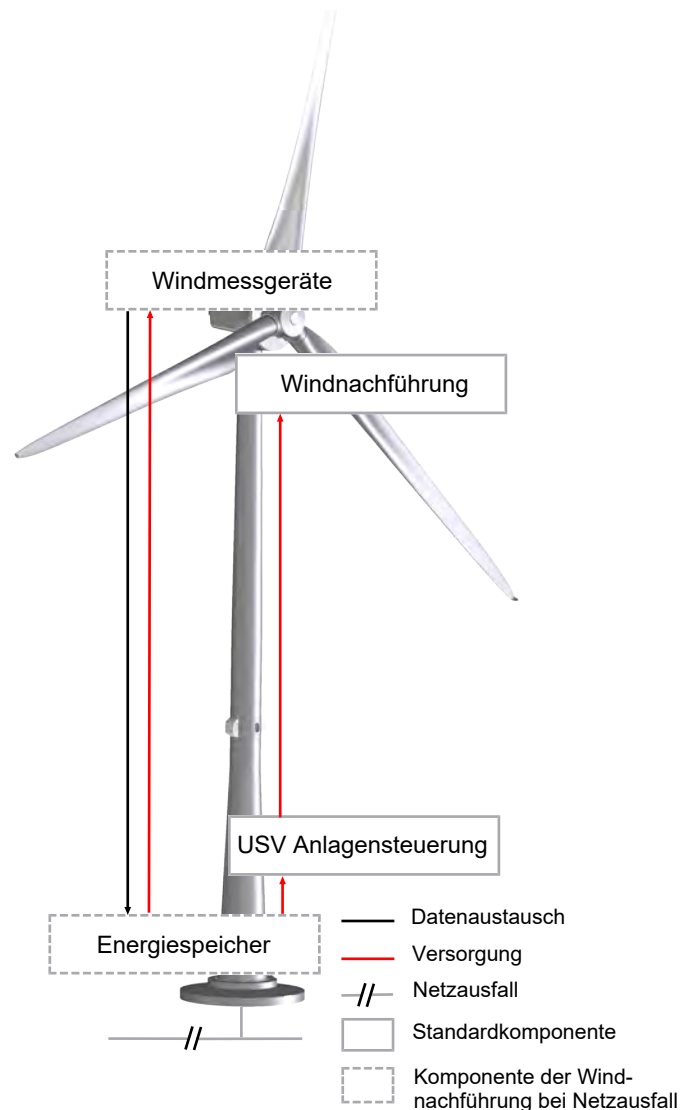
Die Cold-Climate-Ausrüstung der Windenergieanlage besteht aus folgenden Anpassungen:

- spezielle Schmierstoffe für Antriebskomponenten
- angepasste Materialeigenschaften der aus Gusseisen gefertigten Komponenten
- angepasste Turmstrukturen und Turmmaterialien
- zusätzliche Heizung zur Erwärmung der Kühlflüssigkeit im Turmfuß
- eine geänderte Leistungskennlinie

## 6.16 Ausrüstung für Extremwindgebiete

An Standorten mit hohen Extremwindgeschwindigkeiten ist die Windenergieanlage sehr hohen Windlasten aus wechselnden Windrichtungen ausgesetzt. Die erwartete Windgeschwindigkeit kann zeitweise die Abschaltwindgeschwindigkeit der Windenergieanlage deutlich überschreiten. Zusätzlich besteht die Gefahr des Betreibernetzausfalls durch Verwüstungen aufgrund von Extremwindgeschwindigkeiten. Die Energieversorgung der Windnachführung ist dann unterbrochen. Die Schräganströmung kann die Windenergieanlage beschädigen. Um das Risiko von Beschädigungen an der Windenergieanlage zu verringern, ist die Windenergieanlage mit der Funktion *Windnachführung bei Netzausfall* und konstruktiven Anpassungen ausgerüstet.

### 6.16.1 Windnachführung bei Netzausfall



**Abb. 37: Windnachführung bei Netzausfall**

**Aufbau** Der Energiespeicher befindet sich im E-Modul. 2 spezielle Windmessgeräte befinden sich am Dachmodul auf der Gondel und ersetzen die Standard-Windmessgeräte. Der Energiespeicher und die Windmessgeräte werden an die Systeme der Windenergieanlage angebunden.

**Funktion** Bei Netzausfall werden zunächst nur die Windmessgeräte durch den Energiespeicher versorgt.

Ab einer Windgeschwindigkeit von 40 m/s und einer Gondelposition, die die erlaubte Abweichung zur Windrichtung überschreitet, sendet die Schnittstelle der Windmessgeräte ein Signal an den Energiespeicher. Der Energiespeicher versorgt daraufhin die USV Anlagensteuerung. Steht eine ausreichende Spannung zur Verfügung, startet die USV Anlagensteuerung und versorgt die für die Windnachführung notwendigen Systeme der Windenergieanlage. Die Gondel wird zum Wind ausgerichtet.

Damit der Energiespeicher möglichst lange in Betrieb bleiben kann, wird die Gondel nicht ständig dem Wind nachgeführt. Die Gondel wird nur dem Wind nachgeführt, wenn die Gondelposition die erlaubte Abweichung zur Windrichtung überschreitet.

**Kabelentdrillung**

Die Kabel zwischen Turm und Gondel werden durch die Windnachführung verdreht. Die Steuerung der Windenergieanlage verhindert, dass die Kabel zu stark verdreht werden und sorgt für eine bedarfsgerechte Entdrillung der Kabel.

Ab einer Windgeschwindigkeit von 25 m/s hält die Windenergieanlage eine volle Drehung der Gondel als Reserve vor. Ab einer Windgeschwindigkeit von 40 m/s wird die Kabelentdrillung deaktiviert. Die vorgehaltene Reserve der Gondeldrehung reicht für die voraussichtlich maximal erforderliche Windnachführung bei Netzausfall aus.

**Laden des Energiespeichers**

Der Energiespeicher wird im laufenden Betrieb der Windenergieanlage geladen. Bei Windmangel erfolgt das Laden aus dem Netz.

## 6.16.2 Konstruktive Anpassungen

Für Standorte mit hohen Extremwindgeschwindigkeiten kann die Windenergieanlage mit folgenden konstruktiven Anpassungen ausgerüstet werden:

- Verstärkung der Gondelverkleidung
- Verstärkung der Befestigungen der Gondelverkleidung
- Verstärkung der Verbindung zwischen Azimutlager und Turmkopfflansch

## 6.17 Brandschutzsystem

Das Brandschutzsystem hat mehrere Komponenten, die die Brandeintrittswahrscheinlichkeit, die Brand- und Rauchausbreitung und den Personen- und Sachschaden auf ein Minimum reduzieren.

### 6.17.1 Technischer Brandschutz

**Reduzierung von Zündquellen**

Bei der Windenergieanlage werden Zündquellen z. B. durch folgende konstruktive Maßnahmen reduziert:

- Einsatz der getriebelosen Antriebstechnik. Ein heißlaufendes Getriebe und entflammbares Getriebeöl werden als Brandgefahren vermieden.
- Einsatz eines Blitzschutzsystems. Blitzeinschläge werden abgeleitet, ohne dass Schäden an der Windenergieanlage entstehen.

**Vermeidung der Brandentstehung und Brandweiterleitung**

Bei der Windenergieanlage wird die Brandentstehung und Brandweiterleitung z. B. durch folgende konstruktive Maßnahmen möglichst vermieden:

- Anordnung von brennbaren Materialien möglichst so, dass sie nicht entzündet werden können.

- Einsatz von brandhemmenden bzw. schwer entflammbaren oder nicht brennbaren Materialien wo immer es möglich ist.
- Einsatz von CO<sub>2</sub>-Handfeuerlöschern in der Gondel und im Turmfuß. Weitere Informationen zu Anzahl und Positionen der Feuerlöscher sind im Dokument D0648865 „Datenblatt Feuerlöscher“ zu finden.
- Einsatz optionaler automatischer Löschsysteme zur Bekämpfung eines Entstehungsbrands.

### **Sensorische Überwachung**

Mögliche Zündquellen in der Windenergieanlage werden laufend durch Sensoren überwacht.

Zur Detektion von Bränden werden Rauchschalter im Maschinenhaus, am Generator, an der Unterseite des Maschinenträgers und im E-Modul eingesetzt. Weitere Informationen zu Anzahl und Positionen der Rauchschalter sind im Dokument D0701831 „Datenblatt Installationsorte der Rauchschalter“ zu finden. Wenn ein Sensor eine sicherheitsrelevante Störung wie z. B. Überhitzung oder Rauch erkennt, wird die Windenergieanlage gedrosselt bzw. angehalten. Eine entsprechende Statusmeldung wird über das ENERCON SCADA System an den ENERCON Service gesendet. Falls sich bei einer Branderkennung Personen in der Windenergieanlage aufhalten, werden diese durch optische Warnsignale in der Aufstiegshilfe und durch optisch-akustische Warnsignale in Gondel und Turmfuß gewarnt.

### **Fluchtwege**

Der erste Fluchtweg führt von der Gondel durch den Turm nach draußen und ist mit einer akkugestützten Notbeleuchtung versehen. Dieser Fluchtweg wird benutzt, falls der Abstieg im Turm möglich ist. Ein alternativer zweiter Fluchtweg führt mit einem verfügbaren Abseilgerät durch die Kranluke im hinteren Bereich der Gondel nach draußen. Über diesen zweiten Fluchtweg kann die Gondel verlassen werden, wenn ein Turmabstieg nicht mehr möglich ist. Beide Fluchtwege sind gekennzeichnet.

## **6.17.2 Organisatorischer Brandschutz**

### **Schutzmaßnahmen während des Betriebs**

Während des Betriebs befinden sich in der Regel keine Personen in der Windenergieanlage. Die Windenergieanlage ist verschlossen.

Falls eine empfangene Statusmeldung auf einen Brand hindeutet, entsendet der ENERCON Service umgehend ein Serviceteam zur Windenergieanlage und alarmiert die Feuerwehr, die vor Ort über weitere Maßnahmen entscheidet. Der ENERCON Service ist täglich 24 Stunden erreichbar.

### **Schutzmaßnahmen während der Wartung**

Die Windenergieanlage wird im Rahmen einer Wartung alle 6 bis 12 Monate von mehreren Personen betreten. Diese Personen sind mit der Windenergieanlagentechnik und der Rettung aus der Windenergieanlage vertraut. Während der Wartung ist die Windenergieanlage die meiste Zeit außer Betrieb. Die Leistungselektronik ist abgeschaltet. Nur wenige Komponenten, z. B. Beleuchtung, Steckdosen und Steuerung, bleiben aktiv. Dadurch wird das Brandrisiko bei Anwesenheit von Personen reduziert.

Bei detektiertem Rauch schaltet die Windenergieanlage die Signalmelder im Turmfuß, in der Aufstiegshilfe, im Maschinenhaus und im Rotorkopf ein.

Entstehungsbrände können mit den vorhandenen CO<sub>2</sub>-Feuerlöschern im Turmfuß und im Maschinenhaus gelöscht werden. Für den Brandfall sind alle ggf. benötigten Informationen zur Windenergieanlage (Koordinaten, Anfahrtsbeschreibung, wichtige Rufnummern naher Stellen) und zum Verhalten im Brandfall und bei Unfällen im Notfall-Ablaufplan und im Flucht- und Rettungsplan eingetragen. Die Pläne sind im Eingangsbereich des Turms und im Maschinenhaus angebracht.

### 6.17.3 Brandbekämpfung durch die Feuerwehr

**Brand im Turmfuß** Ein Brand im Turmfuß ist örtlich begrenzt. Der Brand kann sich weder auf die Gondel ausbreiten noch auf die Umgebung der Windenergieanlage auswirken. Sobald die Windenergieanlage mit Hilfe des Transformator-Not-Aus-Tasters spannungsfrei geschaltet wurde, kann der Brand im Turmfuß durch die Feuerwehr gelöscht werden.

**Brand in der Gondel** Ein Brand in der Gondel kann zu einem Ausbrennen der Gondel und zu einem Übergreifen auf die Rotorblätter führen. Die Rotorblätter stehen zu diesem Zeitpunkt bereits still. Ein brennendes Rotorblatt wird nach längerer Brandeinwirkung aufgrund seines Gewichts an der Blattwurzel abknicken und auf den Erdboden herabfallen.

Die Feuerwehr kann einen Brand in der Gondel nicht bekämpfen, jedoch den Zugang zum Gefahrenbereich der Windenergieanlage weitläufig absperren und die Gondel und herabfallende Teile kontrolliert abbrennen lassen.

## 6.18 Blitzschutzsystem

Das Blitzschutzsystem ist darauf ausgelegt, die Windenergieanlage vor Schäden durch Blitzeinschläge zu schützen. Wenn ein Blitz in die Windenergieanlage einschlägt, wird der Blitzstrom von Fangeinrichtungen aufgenommen, die sich beispielsweise in den Rotorblattspitzen befinden. Von den Fangeinrichtungen wird der Blitzstrom über Ableitungen kontrolliert ins Erdreich geführt.

Alle leitenden Maschinenbaukomponenten und der Turm sind in den Potenzialausgleich eingebunden.

Die Elektronik der Windenergieanlage ist galvanisch getrennt aufgebaut und befindet sich durchweg in Metallgehäusen. Alle relevanten Stellen sind mit Überspannungsschutz ausgestattet.

## 6.19 Sturmregelung

Die Sturmregelung ermöglicht den Betrieb der Windenergieanlage auch bei sehr hohen Windgeschwindigkeiten, jedoch mit reduzierter Rotordrehzahl und Leistung. Zudem hat die Sturmregelung einen po-

sitiven Einfluss auf die Stabilität des Stromnetzes, da die Windenergieanlagen die Leistungseinspeisung allmählich reduzieren und nicht abrupt einstellen.

Oberhalb einer festgelegten Windgeschwindigkeit wird die Drehzahl mit weiter steigender Windgeschwindigkeit linear bis auf die Trueldrehzahl heruntergeregt, indem die Rotorblätter entsprechend weit aus dem Wind gedreht werden.

Die eingespeiste Leistung sinkt dabei ab, bis keine Leistung mehr erzeugt und eingespeist wird.

Die Windenergieanlage hält jedoch nicht an. Sinkt die Windgeschwindigkeit wieder unter die festgelegte Windgeschwindigkeit, speist sie wieder Leistung ins Stromnetz ein.

## 6.20 Schalloptimierung

Die Schalloptimierung wird an Standorten eingesetzt, an denen zu bestimmten Zeiten oder bei bestimmten Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten die Schallemission der Windenergieanlage verringert werden muss. Durch Umschalten auf eine schalloptimierte Betriebskennlinie wird die Windenergieanlage in diesen Zeiten, bei diesen Windrichtungen oder Windgeschwindigkeiten mit geringerer Drehzahl und Leistung betrieben und hat so eine deutlich geringere Schallemission.

Sind die definierten Bedingungen erfüllt, bekommt die Steuerung der Windenergieanlage den Befehl auf eine andere Betriebskennlinie zu wechseln. Die Windenergieanlage passt daraufhin die Drehzahl des Rotors durch die Rotorblattverstellung an die geänderten Drehzahl-zu-Windgeschwindigkeit-Verhältnisse an und hält diese für die jeweilige Windgeschwindigkeit konstant. Sind die Bedingungen für mehr als eine Betriebskennlinie gleichzeitig erfüllt, wird die Betriebskennlinie mit der höchsten Priorität ausgewählt.

Die Konfiguration der unterschiedlichen Betriebskennlinien erfolgt über das Anlagendisplay der jeweiligen Windenergieanlage. Der Betrieb der Windenergieanlage in der jeweiligen Betriebskennlinie wird über das Anlagendisplay angezeigt. Der Wechsel zwischen den Betriebskennlinien erfolgt gleitend im laufenden Betrieb, ein Anhalten der Windenergieanlage ist nicht erforderlich.

## 6.21 Schattenabschaltung

Die Schattenabschaltung dient dazu, die Windenergieanlage bedarfsgerecht abzuschalten und so Immissionen durch periodischen Schattenwurf an relevanten Orten zu verringern oder zu vermeiden.

Periodischer Schattenwurf entsteht durch die wiederkehrende Verschattung des direkten Sonnenlichts durch die Bewegung der Rotorblätter der 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 ist in der Steuerung der Windenergieanlage integriert.



Zur Messung der Lichtintensität werden 3 Sensoren im Winkel von 120° im unteren Bereich des Turms montiert. Dadurch befindet sich mindestens 1 Sensor an der Sonnenseite und 1 Sensor an der Schattenseite des Turms. Aus den Messwerten der 3 Sensoren wird das Verhältnis aus der höchsten und der niedrigsten Lichtintensität, die Schattenintensität, ermittelt. Diese wird mit dem Referenzwert der Abschaltintensität abgeglichen.

Die Schattenabschaltung wird aktiviert und die Windenergieanlage hält an, sobald innerhalb des programmierten Zeitfensters die Schattenintensität den Referenzwert der Abschaltintensität unterschreitet.

Bei Windenergieanlagen, die an Standorten stehen, an denen die Sensoren durch Bäume oder Gebäude verdeckt werden könnten, werden die Sensoren gegebenenfalls erhöht angebracht.

Nach Ablauf des programmierten Zeitfensters oder nachdem sich die Lichtverhältnisse so verändert haben, dass Schattenwurf nicht mehr möglich ist, wird die Schattenabschaltung deaktiviert. Die Windenergieanlage nimmt den Betrieb wieder auf.

## 6.22 Befeuerung und farbliche Kennzeichnung

Windenergieanlagen müssen abhängig von ihrer Höhe, ihrer exponierten Lage und den jeweils gültigen nationalen Vorschriften gegebenenfalls als Luftfahrthindernis gekennzeichnet werden.

Die Ausführung der Kennzeichnung richtet sich nach den vor Ort geltenden behördlichen Bestimmungen und kann durch Befeuerung und/oder farbliche Kennzeichnung realisiert werden.

### 6.22.1 Befeuerung

Die Befeuerung umfasst die technischen Komponenten zur Sichtbarmachung der Windenergieanlage als Luftfahrthindernis.

Die Befeuerungsleuchten sind auf dem Dach der Gondel der Windenergieanlage auf einem Träger angebracht. Die Befeuerungsleuchten sind in der Regel doppelt ausgeführt, um aus keiner Richtung völlig von einem Hindernis verdeckt zu werden.

Bei sehr hohen Türmen können entsprechend der jeweiligen Vorschriften bis zu 2 weitere Ebenen mit jeweils 4 Befeuerungsleuchten am Turm vorhanden sein.

Die Befeuerungsleuchten sind an einen zentralen Steuerschrank, den Steuerschrank Befeuerung, angeschlossen.

Für das Befeuerungsmanagement stehen verschiedene Funktionen und Maßnahmen zur Verfügung.

#### **Bedarfsgerechte Nachtkennzeichnung**

Die bedarfsgerechte Nachtkennzeichnung beschränkt die Lichtemission der Windenergieanlage auf jenen Zeitraum, in dem Luftfahrzeuge den sicherheitsrelevanten Bereich der Windenergieanlage durchqueren.

<b>Parksynchronisation</b>	Blinkende Gondelbefeuerungen von Windenergieanlagen können innerhalb eines Windparks zentral über einen Parkrechner synchronisiert werden. Mehrere Windparks können über ein GPS-System der einzelnen Parkrechner synchronisiert werden.
<b>Lichtstärkenregelung</b>	Bei klarer Luft wird durch ein Sichtweitenmessgerät und eine Lichtstärkenregelung die Lichtstärke der Befeuerung reduziert. Dadurch wird Energie eingespart und eventuelle Beeinträchtigungen der Umgebung durch die Befeuerung werden verringert.
<b>Fernüberwachung</b>	Warn- und Störmeldungen der Befeuerung werden automatisch über die Fernüberwachung ENERCON SCADA System erfasst. Überwacht werden der Ausfall der Versorgungsspannung, der Ausfall der Befeuerungsleuchten, der Ausfall der Akkumulatoren der Notstromversorgung sowie Störungen am Sichtweitenmessgerät oder am Ladegerät für die Akkumulatoren.

### 6.22.2 Farbliche Kennzeichnung

Die farbliche Kennzeichnung dient der Kennzeichnung der Windenergieanlage als Luftfahrthindernis am Tag. Die farbliche Kennzeichnung kann mit Befeuerung kombiniert werden. Die Ausführung der farblichen Kennzeichnung richtet sich nach der Regelung am jeweiligen Standort. Sie kann durch farbige Streifen am Rotorblatt, an der Gondel oder am Turm realisiert werden.

## 6.23 Sektor-Management

Um Turbulenzen und dadurch entstehende Lasten an nachfolgenden Windenergieanlagen im Windpark zu verringern, kann die Wirkleistung der Windenergieanlage abhängig von der Gondelausrichtung und der Windgeschwindigkeit mithilfe des Sektor-Managements abgeregelt werden.

Die Windenergieanlage wird abgeregelt, indem wahlweise die maximale Wirkleistung begrenzt oder der minimale Blattwinkel erhöht wird. Für das Sektor-Management können in der Steuerung der Windenergieanlage bis zu 8 Sektoren definiert werden. Für jeden Sektor können eine minimale und eine maximale Windgeschwindigkeit definiert werden. Ist die Gondel innerhalb eines der definierten Sektoren ausgerichtet und liegt der Mittelwert der Windgeschwindigkeit über einen bestimmten Zeitraum innerhalb des zugehörigen Windgeschwindigkeitsbereichs, werden von der Steuerung die maximale Wirkleistung und der minimale Blattwinkel übernommen. Die Windenergieanlage wird entsprechend abgeregelt.

Verlässt die Gondel den Sektor oder liegt die Windgeschwindigkeit außerhalb des vorgegebenen Bereichs, wird die Abregelung aufgehoben.

## 6.24 Fledermausschutz

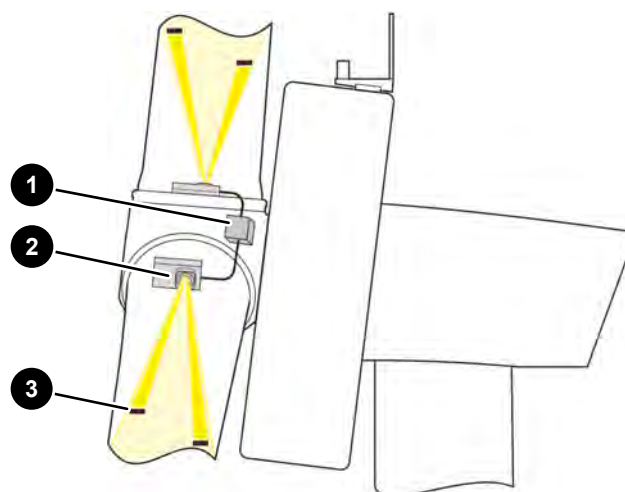
Die Flugzeiten der Fledermäuse hängen von Bedingungen wie Jahres- und Uhrzeit, Windgeschwindigkeit und Temperatur ab. Die Aktivität der Fledermäuse kann über die Erfassung ihrer Rufe nachgewiesen werden. Für den Nachweis werden Erfassungsgeräte genutzt, die über einen längeren Zeitraum die Aktivitäten der Fledermäuse aufzeichnen. Die Erfassungsgeräte sind nicht bei ENERCON erhältlich. ENERCON liefert eine Anschlussbox für bestimmte Erfassungsgeräte.

Bei einem Nachweis von Fledermausaktivitäten können auf Grundlage der durch die Erfassungsgeräte gewonnenen Erkenntnisse über das System ENERCON SCADA Bat Protection Steuerungsvorgänge angepasst werden. Eine direkte Verbindung zwischen Erfassungsgerät und ENERCON SCADA Bat Protection existiert nicht. ENERCON SCADA Bat Protection wird in separaten Dokumenten beschrieben.

Die ermittelten Parameter werden von ENERCON SCADA Bat Protection mit den aktuellen Bedingungen abgeglichen. Ergibt der Abgleich, dass die definierten Bedingungen für den Flug der Fledermäuse vorliegen, hält die Windenergieanlage automatisch an. Die Windenergieanlage wird wieder gestartet, sobald diese Bedingungen nicht mehr vorliegen.

Die artspezifischen Flugzeiten der Fledermäuse werden auch von Niederschlägen beeinflusst, da Fledermäuse bei Niederschlag nicht fliegen. Niederschläge können durch einen Niederschlagssensor zusätzlich berücksichtigt werden. Ist dies der Fall und tritt während der definierten Haltezeiten Niederschlag auf, wird die Windenergieanlage nicht angehalten. Ist die Windenergieanlage bereits angehalten, wird sie wieder gestartet.

## 6.25 BladeVision



**Abb. 38: BladeVision**

1	Elektrik	2	Kamera
3	Reflektor		

BladeVision misst Verformungen an den Rotorblättern. BladeVision besteht im Wesentlichen aus einer Kamera und mehreren Reflektoren pro Rotorblatt sowie elektrischen Komponenten zur Spannungsversorgung und Kommunikation. Die Kamera befindet sich an der Blattwurzel und ist auf die Reflektoren gerichtet. Aus den ermittelten Positionsveränderungen können Blattbiegung, Blatttorsion und Blattlasten berechnet werden.

## 7 Bedienung

### 7.1 Bedienung vorbereiten

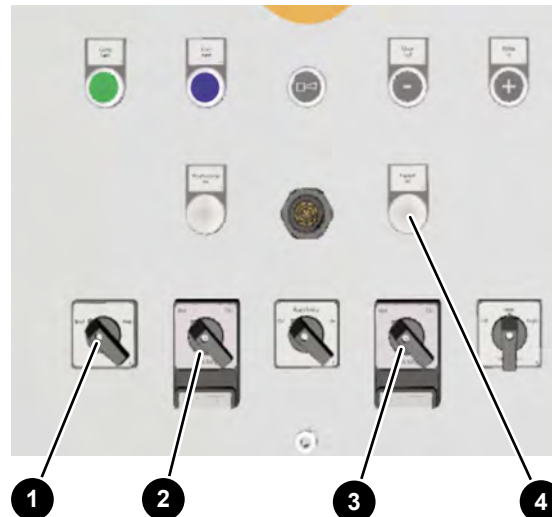


Abb. 39: Bedienelemente am Steuerschrank

1	Schalter <i>Wartung</i> ( <i>Maintenance</i> )	2	Schalter <i>Start/Stop</i> ( <i>Start/Stop</i> )
3	Schalter <i>Manuell/Automatik</i> ( <i>Manual/Automatic</i> )	4	Leuchtmelder <i>Manuell Ein</i> ( <i>Manual on</i> )

1. Die Windenergieanlage betreten und die Beleuchtung im Turm einschalten. Dazu den Taster für die Beleuchtung im Eingangsbereich der Windenergieanlage betätigen.
2. Die Fernüberwachung unterdrücken. Dazu den Schalter *Wartung* (*Maintenance*) am Steuerschrank auf *Ein* (*On*) stellen.
3. Prüfen, ob die Warnsignale beim Selbsttest der Signalsäulen und Warnleuchten im Turm abgegeben werden. Siehe dazu Tab. 4, S. 54.
4. Die Windenergieanlage anhalten. Dazu den Schalter *Start/Stop* (*Start/Stop*) am Steuerschrank auf *Stopp* (*Stop*) stellen.
5. Warten, bis die Rotorblätter in Fahnenstellung sind.
6. Die Windenergieanlage auf manuellen Betrieb stellen. Dazu den Schalter *Manuell/Automatik* (*Manual/Automatic*) am Steuerschrank betätigen, sodass der Leuchtmelder *Manuell Ein* (*Manual on*) leuchtet. Wenn der Leuchtmelder nicht leuchtet, eine Reparatur veranlassen. Keine weiteren Arbeiten durchführen.
7. Vor dem Betreten der Gondel die Beleuchtung einschalten. Dazu den Drehschalter *Licht- und Präsenzschafter Gondel* (*Nacelle light and presence switch*) im Zugangsbereich zur Gondel auf die Schalterstellung *Ein* (*On*) stellen.
8. Prüfen, ob die Warnsignale beim Selbsttest der Signalsäulen und Warnleuchten in der Gondel abgegeben werden. Siehe dazu Tab. 4, S. 54.

## 7.2 Windnachführung bedienen

### ACHTUNG



#### Sachschäden bei zu hohen Windgeschwindigkeiten

Zu hohe Windgeschwindigkeiten können Sachschäden verursachen, wenn die Gondel nicht zum Wind ausgerichtet ist.

- ⇒ Nur Personen mit der Qualifikationsstufe B oder C dürfen Bedienhandlungen im manuellen Betrieb vornehmen.
- ⇒ Die Gondel bei zu hoher Windgeschwindigkeit nicht längere Zeit ohne Ausrichtung zur Windrichtung stehen lassen.



Abb. 40: Bedienelemente am Steuerschrank

1 Leuchtmelder <i>Manuell Ein</i> (Manual on)	2 Schalter <i>Manuell/Automatik</i> (Manual/Automatic)
3 Schalter <i>Windnachführung</i> (Yaw control)	

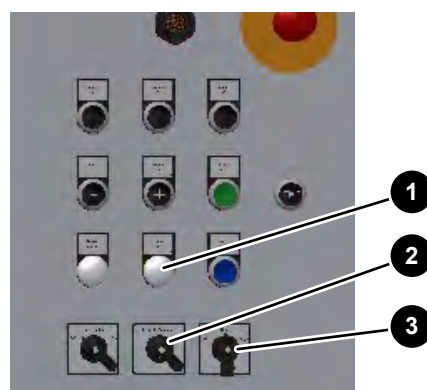


Abb. 41: Bedienelemente am Gondelsteuerschrank

1 Leuchtmelder <i>Manuell Ein</i> (Manual on)	2 Schalter <i>Manuell/Automatik</i> (Manual/Automatic)
3 Schalter <i>Windnachführung</i> (Yaw control)	

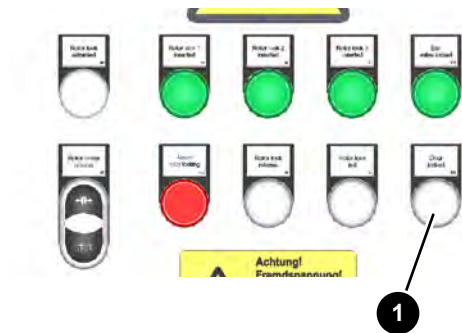


Abb. 42: Bedienelemente an der Statorunterverteilung

1	Leuchttaster <i>Tür verriegelt</i> ( <i>Door locked</i> )		
---	---	--	--

- ✓ Die Bedienung ist vorbereitet.
- ✓ An der Statorunterverteilung leuchtet der Leuchttaster *Tür verriegelt* (*Door locked*) nicht.
- ✓ Am Steuerschrank oder Gondelsteuerschrank leuchtet der Leuchtmelder *Manuell Ein* (*Manual on*).

**⚠ WARNING! Quetschgefahr im Gondelkeller. Sicherstellen, dass sich niemand im Gondelkeller aufhält.**

1. Am Steuerschrank oder Gondelsteuerschrank den Schalter *Windnachführung* (*Yaw control*) in Stellung *Links* (*Left*) oder *Rechts* (*Right*) drehen, bis die Zielposition der Gondel erreicht ist.
2. Am Steuerschrank oder Gondelsteuerschrank den Schalter *Windnachführung* (*Yaw control*) in die Stellung *Halt* (*Stop*) drehen.

## 7.3 Windenergieanlage starten

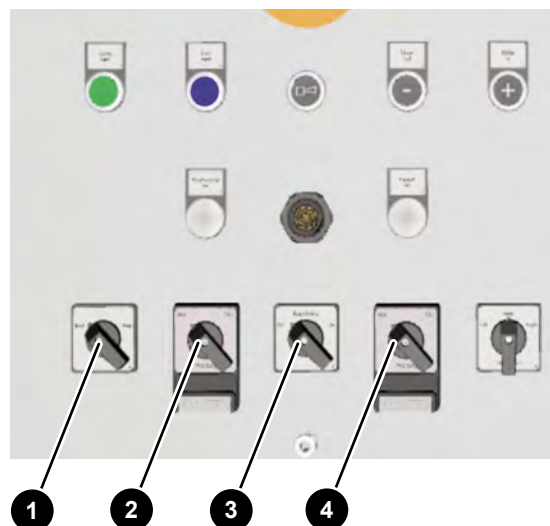


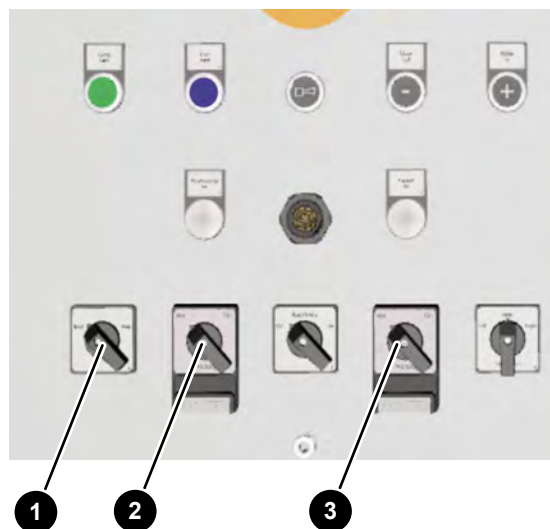
Abb. 43: Bedienelemente am Steuerschrank

1	Schalter <i>Start/Stopp</i> ( <i>Start/Stop</i> )	2	Schalter <i>Wartung</i> ( <i>Maintenance</i> )
3	Schalter <i>Rotorhaltebremse</i> ( <i>Rotor brake</i> )	4	Schalter <i>Manuell/Automatik</i> ( <i>Manual/Automatic</i> )



- ✓ Die Maschinenhausluke und alle Durchstiegsluken im Turm sind geschlossen.
  - ✓ Alle Personen haben die Gondel verlassen und sind im Turm abgestiegen.
  - ✓ Der Schalter *Start/Stopp (Start/Stop)* steht auf *Stopp (Stop)*.
1. Den Schalter *Rotorhaltebremse (Rotor brake)* am Steuerschrank auf *Lösen (Off)* stellen.
  2. Gegebenenfalls den Not-Halt-Taster entriegeln.
  3. Im Turmfuß die Windenergieanlage auf automatischen Betrieb stellen. Dazu den Schalter *Manuell/Automatik (Manual/Automatic)* am Steuerschrank betätigen, sodass der Leuchtmelder *Manuell Ein (Manual on)* erlischt.
    - ↪ Auf dem Anlagendisplay wird der Status 1:1 Anlage gestoppt angezeigt.
  4. Beim Auftreten eines Fehlers oder Problems nicht fortfahren, sondern den ENERCON Service informieren.
  5. Den Schalter *Start/Stopp (Start/Stop)* auf *Start (Start)* stellen und die Statusmeldungen beobachten.
    - ↪ Status 0:2 Anlage bereit
    - ↪ Status 0:1 Anlage startet (frühestens nach 3 Minuten)
    - ↪ Status 0:5 Abgleich Load-Control
    - ↪ Status 0:0 Anlage in Betrieb (nach Ende des Startvorgangs)

## 7.4 Windenergieanlage anhalten



**Abb. 44: Bedienelemente am Steuerschrank**

1	Schalter <i>Start/Stopp (Start/Stop)</i>	2	Schalter <i>Wartung (Maintenance)</i>
3	Schalter <i>Manuell/Automatik (Manual/Automatic)</i>		

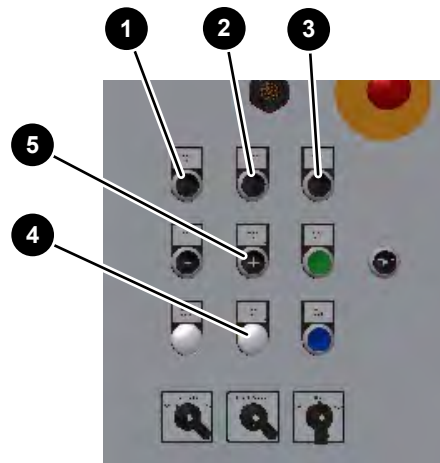
1. Die Windenergieanlage anhalten. Dazu den Schalter *Start/Stopp* am Steuerschrank auf *Stopp* (*Stop*) stellen.
2. Warten, bis die Rotorblätter in Fahnenstellung sind.
3. Die Windenergieanlage auf manuellen Betrieb stellen. Dazu den Schalter *Manuell/Automatik* (*Manual/Automatic*) am Steuerschrank betätigen, sodass der Leuchtmelder *Manuell Ein* (*Manual on*) leuchtet. Wenn der Leuchtmelder nicht leuchtet, eine Reparatur veranlassen. Keine weiteren Arbeiten durchführen.

## 7.5 Rotorblätter in den Wind drehen



**Abb. 45: Bedienelemente am Steuerschrank**

1	Taster <i>Blatt rein</i> ( <i>Blade in</i> )	2	Leuchtmelder <i>Manuell Ein</i> ( <i>Manual on</i> )
---	--	---	--



**Abb. 46: Bedienelemente am Gondelsteuerschrank**

1	Taster <i>Blatt A</i> ( <i>Blade A</i> )	2	Taster <i>Blatt B</i> ( <i>Blade B</i> )
3	Taster <i>Blatt C</i> ( <i>Blade C</i> )	4	Leuchtmelder <i>Manuell Ein</i> ( <i>Manual on</i> )
5	Taster <i>Blatt rein</i> ( <i>Blade in</i> )		

- ✓ Die Bedienung ist vorbereitet.

- ✓ An der Statorunterverteilung leuchtet der Leuchttaster *Tür verriegelt (Door locked)* nicht.

#### Bedienung am Steuerschrank

1. Am Steuerschrank den Taster *Blatt rein (Blade in)* betätigen.  
↳ Die Rotorblätter drehen in den Wind.

#### Bedienung am Gondelsteuerschrank

1. Am Gondelsteuerschrank den Taster *Blatt rein (Blade in)* betätigen.  
↳ Die Rotorblätter drehen in den Wind.
2. Alternativ ein einzelnes Rotorblatt in den Wind drehen. Dafür gleichzeitig den Taster *Blatt rein (Blade in)* und einen der Taster *Blatt A (Blade A)*, *Blatt B (Blade B)* oder *Blatt C (Blade C)* betätigen.  
↳ Das angewählte Rotorblatt dreht in den Wind.

## 7.6 Rotorblätter aus dem Wind drehen

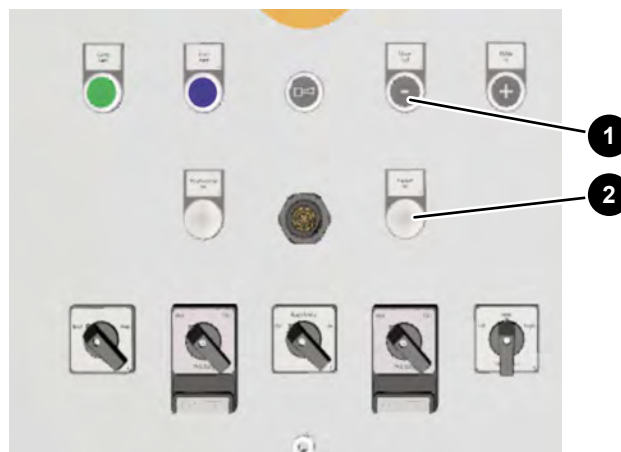
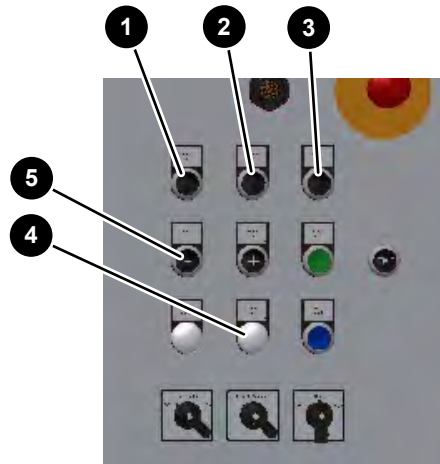


Abb. 47: Bedienelemente am Steuerschrank

1	Taster <i>Blatt raus (Blade out)</i>	2	Leuchtmelder <i>Manuell Ein (Manual on)</i>
---	--------------------------------------	---	---



**Abb. 48: Bedienelemente am Gondelsteuerschrank**

1	Taster <i>Blatt A (Blade A)</i>	2	Taster <i>Blatt B (Blade B)</i>
3	Taster <i>Blatt C (Blade C)</i>	4	Leuchtmelder <i>Manuell Ein (Manual on)</i>
5	Taster <i>Blatt raus (Blade out)</i>		

- ✓ Die Bedienung ist vorbereitet.
- ✓ Am Steuerschrank oder Gondelsteuerschrank leuchtet der Leuchtmelder *Manuell Ein (Manual on)*.

#### Bedienung am Steuer-schrank

1. Am Steuerschrank den Taster *Blatt raus (Blade out)* betätigen.  
 ↳ Die Rotorblätter drehen aus dem Wind.

#### Bedienung am Gondel-steuerschrank

1. Am Gondelsteuerschrank den Taster *Blatt raus (Blade out)* betätigen.  
 ↳ Die Rotorblätter drehen aus dem Wind.
2. Alternativ ein einzelnes Rotorblatt aus dem Wind drehen. Dafür gleichzeitig den Taster *Blatt raus (Blade out)* und einen der Taster *Blatt A (Blade A)*, *Blatt B (Blade B)* oder *Blatt C (Blade C)* betätigen.  
 ↳ Das angewählte Rotorblatt dreht aus dem Wind.

## 7.7 Störmeldung quittieren



**Abb. 49: Bedienelemente am Steuerschrank**

- |   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| 1 | Taster <i>Störung quittieren</i><br>(Error reset) |  |  |
|---|---|--|--|



**Abb. 50: Bedienelemente am Gondelsteuerschrank**

- |   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| 1 | Taster <i>Störung quittieren</i><br>(Error reset) |  |  |
|---|---|--|--|

- ✓ Die Ursache der Störmeldung ist beseitigt.
- 1. Abhängig vom Ort der Anzeige am Steuerschrank oder Gondelsteuerschrank den Taster *Störung quittieren* (Error reset) betätigen.
  - ↪ Die Störmeldung wird aus dem Meldesystem der Steuerung der Windenergieanlage gelöscht und der Betrieb der Windenergieanlage kann fortgesetzt werden.

## 7.8 Telefonieren

Das Anlagentelefon am Steuerschrank und am Gondelsteuerschrank dient ausschließlich zur Kommunikation zwischen Personen in der Gondel und im Turmfuß. Gespräche zu Zielen außerhalb der Windenergieanlage und Notrufe sind über das Anlagentelefon nicht möglich.

1. Den Hörer am Steuerschrank oder Gondelsteuerschrank abnehmen.
2. Den Taster *Hupe (Horn)* am Steuerschrank oder Gondelsteuerschrank drücken.  
↳ An der Gegenstelle ertönt ein akustisches Signal.
3. Durch das Abnehmen des Hörers an der Gegenstelle das Gespräch annehmen.
4. Beide Hörer aufhängen, um das Gespräch zu beenden.

## 7.9 Rotorarretierung setzen und Zugang zum Rotorkopf freigeben

### **WARNUNG**



#### **Lebensgefahr durch unvollständig arretierten Rotor**

Unter Umständen kann sich ein unvollständig arretierter Rotor in Bewegung setzen. Dadurch können Personen im Einflussbereich der drehenden Komponenten verletzt werden.

- ⇒ Tätigkeiten, die einen stillstehenden Rotor erfordern, nur bei vollständiger Arretierung durchführen.

### **ACHTUNG**



#### **Schäden durch falsches Arretieren des Rotors**

Falsches Arretieren der Rotorarretierung kann die Rotorarretierung beschädigen. Es wird sofort eine Rotorblatt-Notverstellung mit Aktivierung der Rotorhaltebremse ausgelöst (wie bei einem Not-Halt in der Gondel).

- ⇒ Die Rotorarretierung darf ausschließlich von eingewiesenem Personal betätigt werden.
- ⇒ Die Rotorarretierung nicht betätigen, solange sich der Rotor dreht.
- ⇒ Den herstellenseitig freigegebenen Einsatzbereich des Hydraulikaggregats beachten. Bei Temperaturen unter -30 °C die Rotorarretierung nicht setzen oder lösen.

### ACHTUNG



#### Schäden durch hohe Windgeschwindigkeit bei aktivierter Rotorarretierung

Bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von mehr als 16 m/s kann es zu Schäden an der Windenergieanlage kommen, wenn der Rotor arretiert ist.

⇒ Den Leuchtmelder *Warnmeldung Rotorarretierung (Alarm rotor locking)* beachten. Bei einem aktivierten Leuchtmelder die Rotorarretierung nicht setzen bzw. Rotorkopf verlassen und Rotorarretierung lösen.

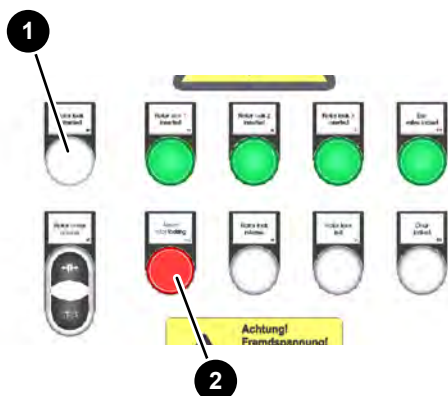


Abb. 51: Bedienelemente an der Statorunterverteilung

1	Leuchtmelder <i>Rotorarretierung nicht betätigt (Rotor lock retracted)</i>	2	Leuchtmelder <i>Warnmeldung Rotorarretierung (Alarm rotor locking)</i>
---	--	---	--

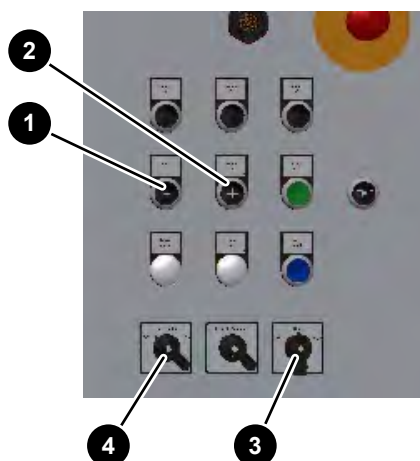


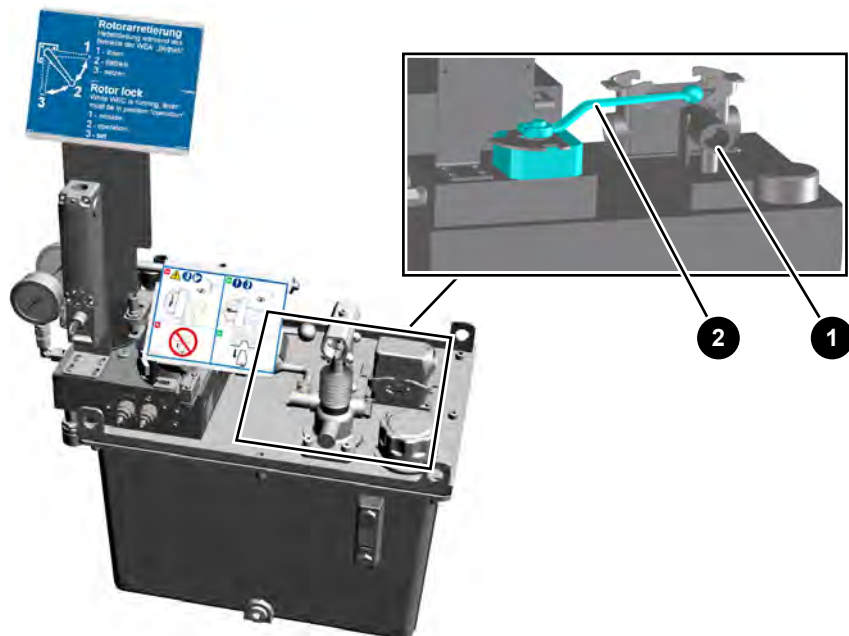
Abb. 52: Bedienelemente am Gondelsteuerschrank

1	Taster <i>Blatt raus (Blade out)</i>	2	Taster <i>Blatt rein (Blade in)</i>
3	Schalter <i>Windnachführung (Yaw control)</i>	4	Schalter <i>Rotorhaltebremse (Rotor brake)</i>

- ✓ Die Bedienung ist vorbereitet.
- ✓ Der Hauptschalter an der Hauptverteilung Gondel ist eingeschaltet.
- ✓ An der Statorunterverteilung leuchtet der Leuchtmelder *Rotorarretierung nicht betätigt (Rotor lock retracted)*.



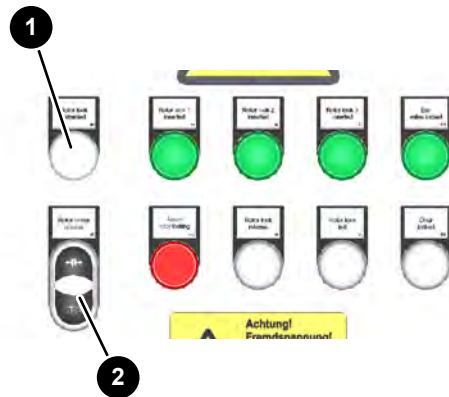
- ✓ An der Statorunterverteilung leuchtet nicht der Leuchtmelder *Warnmeldung Rotorarretierung (Alarm rotor locking)*.
- 1. Am Gondelsteuerschrank mit dem Schalter *Windnachführung (Yaw control)* die Gondel in den Wind drehen.
- 2. Am Gondelsteuerschrank ggf. mit dem Taster *Blatt rein (Blade in)* die Rotorblätter so weit in den Wind fahren, dass sich der Rotor langsam dreht.
- 3. Am Gondelsteuerschrank die Rotorblätter mit dem Taster *Blatt raus (Blade out)* aus dem Wind fahren.
- 4. Am Gondelsteuerschrank den Schalter *Rotorhaltebremse (Rotor brake)* auf die Stellung *Fest (On)* stellen. Der Rotor muss sich etwas vor der gewünschten Position befinden, z. B. Blatt A oben.
  - ↪ Die Rotorhaltebremse schließt.
  - ↪ Der Rotor wird gebremst.



**Abb. 53: Hydraulikaggregat, Hebelstellung**

1	Handpumpe	2	Hebel des Ventils <i>Rotorarretierung (Rotor Lock)</i>
---	-----------	---	--

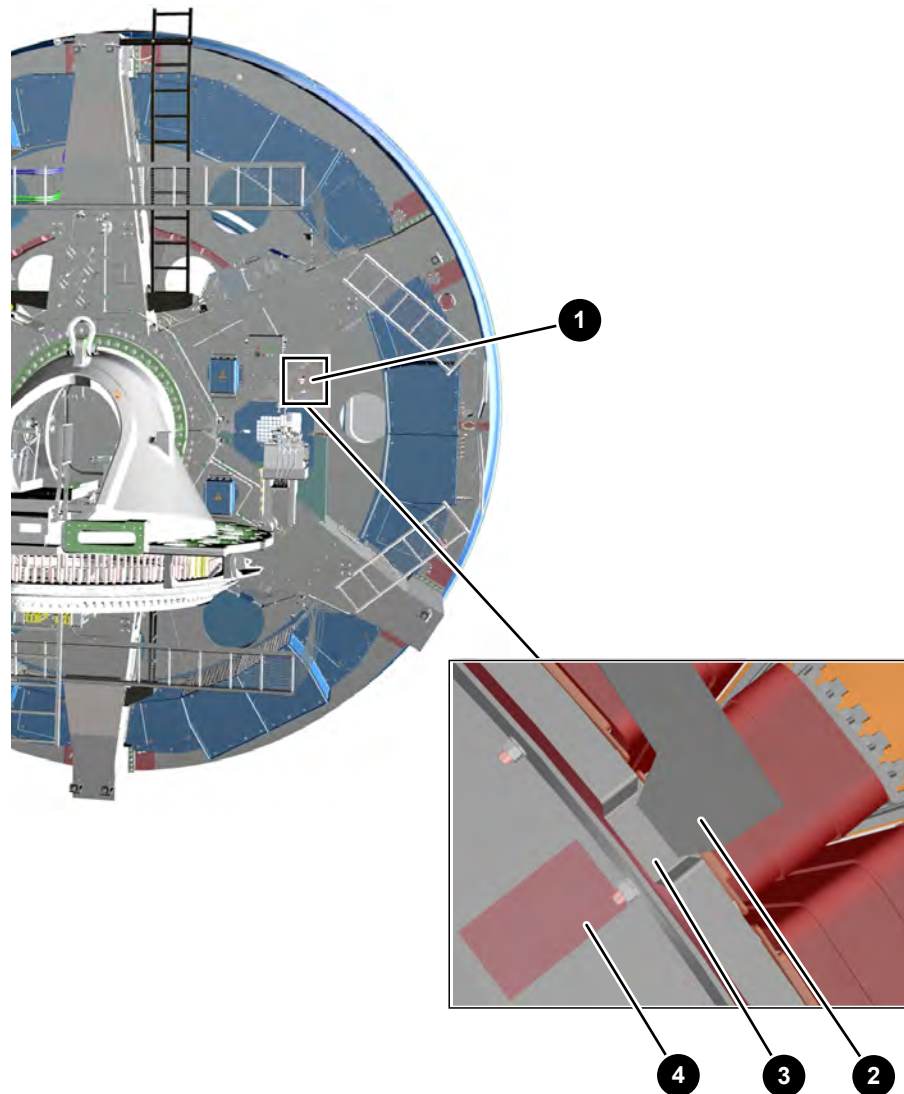
- 5. Den Hebel des Ventils *Rotorarretierung (Rotor Lock)* in Stellung *Setzen (Set)* bringen.
- 6. Den Hebel für die Handpumpe der Rotorarretierung aus der Halterung nehmen und an der Pumpe befestigen.



**Abb. 54: Bedienelemente an der Statorunterverteilung**

1	Leuchtmelder <i>Rotorarretierung nicht betätigt (Rotor lock retracted)</i>	2	Doppeldrucktaster <i>Rotorhaltebremse lösen (Rotor holding brake release)</i>
---	--	---	---

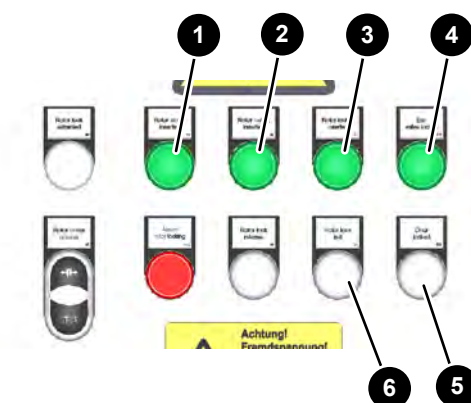
7. Mit der Handpumpe Rotorarretierung pumpen, bis an der Statorunterverteilung der Leuchtmelder *Rotorarretierung nicht betätigt (Rotor lock retracted)* erlischt.
  - ↪ Die Gondellüfter werden über Schütze ausgeschaltet, sobald die Bolzen der Rotorarretierung die Ausgangsposition verlassen.
8. Den Doppeldrucktaster *Rotorhaltebremse lösen (Rotor holding brake release)* an der Statorunterverteilung am oberen Taster *Lösen (Release)* drücken und gedrückt halten, bis sich die Rotorhaltebremse etwas öffnet und der Rotor anfängt sich zu drehen. Den Doppeldrucktaster *Rotorhaltebremse lösen (Rotor holding brake release)* zusätzlich am unteren Taster *STOP (STOP)* drücken und gedrückt halten.
  - ↪ Die Rotorhaltebremse wird in der geöffneten Position gehalten.



**Abb. 55: Einbolzhilfe der Rotorarretierung**

1 Sichtfenster für Einbolzhilfe	2 Einbolzhilfe
3 Nut im Rotorgurt	4 Angabe der Arretierungsposition

9. Die Einbolzhilfe beobachten. Kurz vor Erreichen der Arretierungsposition beide Taster am Doppeldrucktaster *Rotorhaltebremse lösen (Rotor holding brake release)* loslassen.  
 ↳ Der Rotor wird gebremst.
10. Überprüfen, ob sich die Nut im Rotorgurt und die Einbolzhilfe genau auf gleicher Höhe befinden. Falls nicht, die Rotorhaltebremse mit dem Doppeldrucktaster *Rotorhaltebremse lösen (Rotor holding brake release)* erneut lösen und schließen, bis sich die Nut im Rotorgurt und die Einbolzhilfe genau auf gleicher Höhe befinden.



**Abb. 56: Bedienelemente an der Statorunterverteilung**

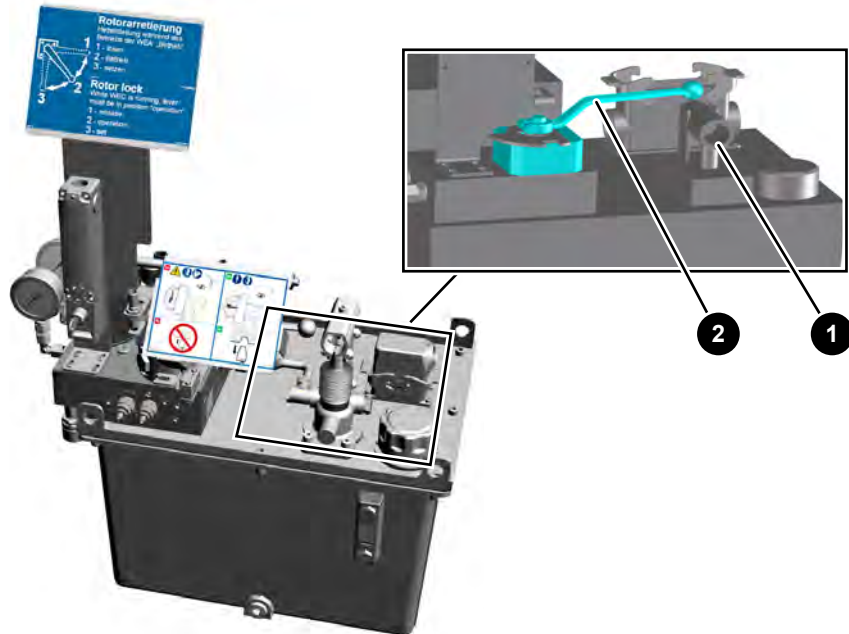
1	Leuchtmelder <i>Rotorarretierung 1 betätigt (Rotor lock 1 inserted)</i>	2	Leuchtmelder <i>Rotorarretierung 2 betätigt (Rotor lock 2 inserted)</i>
3	Leuchtmelder <i>Rotorarretierung 3 betätigt (Rotor lock 3 inserted)</i>	4	Leuchtmelder <i>Kugelhahn verriegelt (Ball valve locked)</i>
5	Leuchttaster <i>Tür verriegelt (Door locked)</i>	6	Leuchttaster <i>Rotorarretierung setzen (Rotor lock set)</i>

11. Mit der Handpumpe Rotorarretierung pumpen, bis der Leuchttaster *Rotorarretierung setzen (Rotor lock set)* an der Statorunterverteilung leuchtet.
  - ↪ Die Elektropumpe Rotorarretierung ist freigegeben.
12. Den Leuchttaster *Rotorarretierung setzen (Rotor lock set)* an der Statorunterverteilung drücken und gedrückt halten.
  - ↪ Die Rotorhaltebremse wird geöffnet, damit der Rotor sich automatisch zu den Arretierungsbolzen ausrichten kann.
  - ↪ Die Arretierungsbolzen werden ausgefahren.
13. Den Leuchttaster *Rotorarretierung setzen (Rotor lock set)* loslassen, wenn die Arretierungsbolzen ihre Endlage erreicht haben.
  - ↪ Die 3 grünen Leuchtmelder *Rotorarretierung 1 betätigt (Rotor lock 1 inserted)* bis *Rotorarretierung 3 betätigt (Rotor lock 3 inserted)* leuchten.
  - ↪ Die Rotorhaltebremse wird automatisch wieder gesetzt.
  - ↪ Die Türverriegelungen der Zugangstür zum Generator und der Zugangstür zum Rotorkopf sind freigegeben.
  - ↪ Der Hebel des Ventils *Rotorarretierung (Rotor Lock)* wird in der Stellung *Setzen (Set)* von der Türverriegelung arretiert, sobald eine Zugangstür geöffnet wird.
  - ↪ Der Leuchtmelder *Kugelhahn verriegelt (Ball valve locked)* leuchtet grün.

## 7.10 Zugang zum Rotorkopf sperren

- ✓ Alle Werkzeuge, Materialien und sonstigen Gegenstände wurden aus dem Rotorkopf entfernt.

- ✓ Die Rotorblätter befinden sich in Fahnenstellung.
- ✓ Im Rotorkopf oder im Generatorbereich befinden sich keine Personen.
- 1. Die Zugangstür zum Rotorkopf und die Zugangstür zum Generator schließen.
  - ↪ Der Hebel des Ventils *Rotorarretierung (Rotor Lock)* wird freigegeben, sobald beide Zugangstüren geschlossen sind.



**Abb. 57: Hydraulikaggregat, Hebelstellung**

1 Handpumpe	2 Hebel des Ventils <i>Rotorarretierung (Rotor Lock)</i>
-------------	--

2. Den Hebel des Ventils *Rotorarretierung (Rotor Lock)* in Stellung *Lösen (Release)* bringen.
  - ↪ Die Türverriegelung arretiert die Zugangstür zum Rotorkopf und die Zugangstür zum Generator.

## 7.11 Rotorarretierung lösen

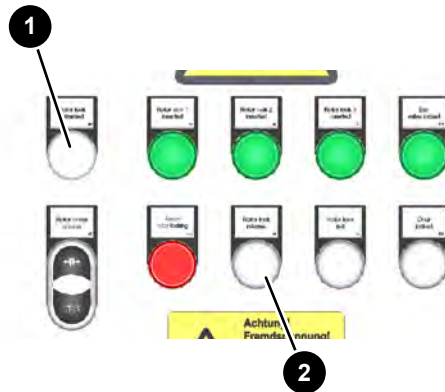


Abb. 58: Bedienelemente an der Statorunterverteilung

- |  |   |
|--|---|
| 1 Leuchtmelder <i>Rotorarretierung nicht betätigt (Rotor lock retracted)</i> | 2 Leuchttaster <i>Rotorarretierung freigeben (Rotor lock release)</i> |
|--|---|

- ✓ An der Statorunterverteilung leuchtet der Leuchttaster *Tür verriegelt (Door locked)* nicht.
- 1. Den Leuchttaster *Rotorarretierung freigeben (Rotor lock release)* an der Statorunterverteilung betätigen, bis alle Arretierungsbolzen vollständig in die Ausgangsstellung eingefahren sind.
  - ↪ Der Leuchtmelder *Rotorarretierung nicht betätigt (Rotor lock retracted)* leuchtet.
  - ↪ Die Gondellüfter werden über Schütze eingeschaltet, sobald die Arretierungsbolzen vollständig eingefahren sind.

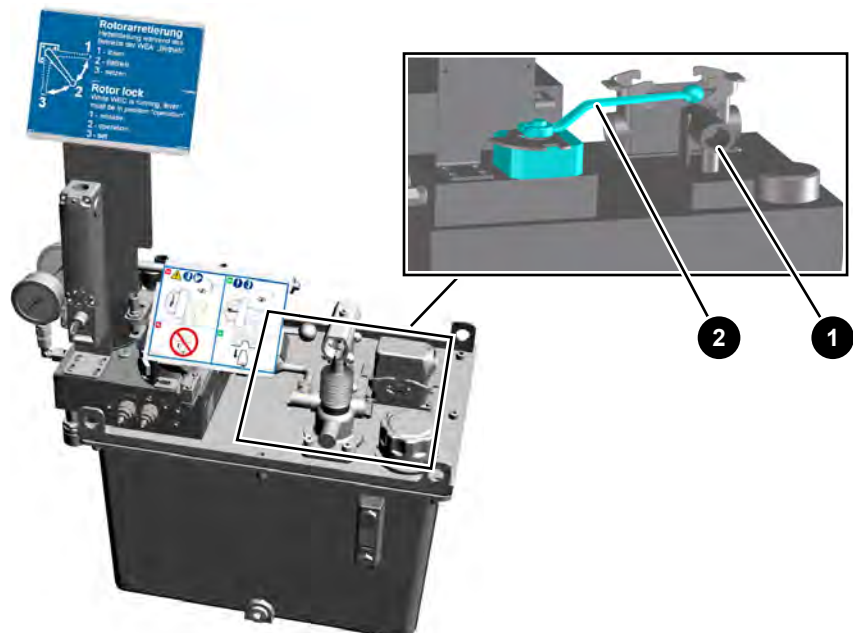


Abb. 59: Hydraulikaggregat, Hebelstellung

- |             |  |
|-------------|--|
| 1 Handpumpe | 2 Hebel des Ventils <i>Rotorarretierung (Rotor Lock)</i> |
|-------------|--|

2. Den Hebel des Ventils *Rotorarretierung (Rotor Lock)* in Stellung *Betrieb (Operation)* bringen.  
 ↳ Ein ungewolltes Bewegen der Arretierungsbolzen wird verhindert.



**Abb. 60: Bedienelemente am Gondelsteuerschrank**

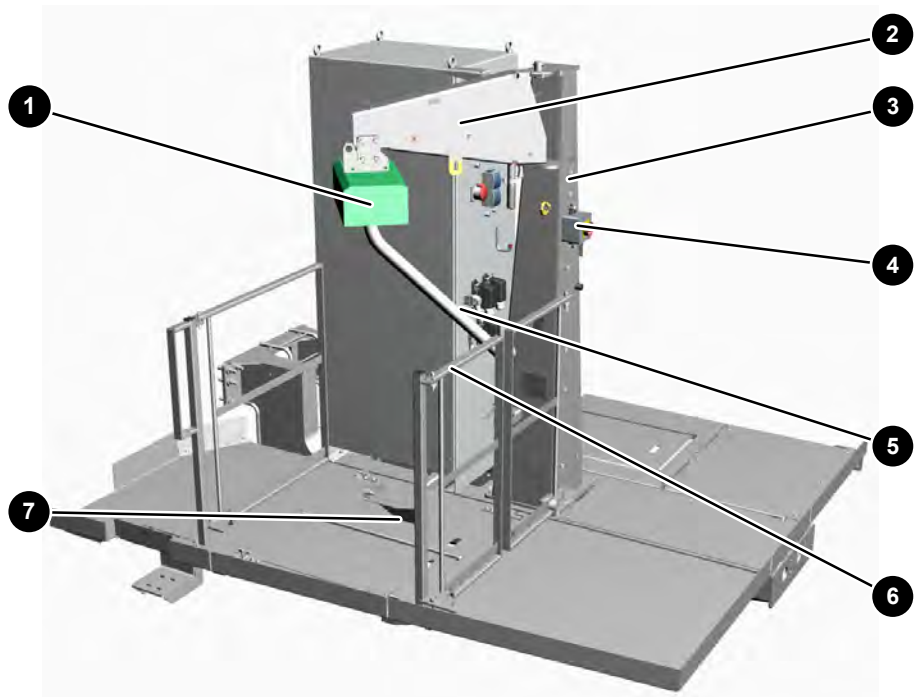
1	Schalter <i>Rotorhaltebremse (Rotor brake)</i>		
---	--	--	--

3. Am Gondelsteuerschrank den Schalter *Rotorhaltebremse (Rotor brake)* auf *Lösen (Off)* stellen.  
 ↳ Die Rotorhaltebremse öffnet und der Rotor kann sich frei drehen.
4. Den Hebel für die Handpumpe der Rotorarretierung in die Halterung einsetzen.

## 7.12 Kran Gondel bedienen

Der Kran Gondel ist als Elektrokettenzug ausgeführt und dient dazu, Werkzeug und Material zwischen Boden und Gondel zu transportieren. Die Kette verläuft außerhalb des Turms. Die Last wird mit einem Führungsseil gesichert.





**Abb. 61: Kran Gondel, Ausführung Schwenkkran**

1 Kettenzug	2 Schwenkarm
3 Kransäule	4 Hauptschalter Kran Gondel
5 Kettenführung	6 Geländer Kranluke
7 Kranluke	



**Abb. 62: Bedieneinheit des Krans Gondel**

1 Not-Halt-Taster	2 Taster zum Hochfahren der Kette
3 Taster zum Ablassen der Kette	

### 7.12.1 Material und Werkzeug in die Gondel transportieren



#### **WARNUNG**

##### **Lebensgefahr durch unsachgemäße Benutzung des Krans Gondel**

Bei unsachgemäßer Benutzung des Krans Gondel und durch eventuell herabfallende Lasten besteht Lebensgefahr.

- ⇒ Beim Heben und Senken der Last nicht die Kette berühren.
- ⇒ Die Taster an der Bedieneinheit des Krans Gondel nicht überbrücken oder einklemmen. Die Bedieneinheit bei Ermüdung der Hand in die andere Hand wechseln.
- ⇒ Bei Freileitungen in unmittelbarer Nähe ist die Gondel entgegengesetzt zur Freileitung zu drehen.
- ⇒ Nicht unter der geöffneten Kranluke und nicht unter schwebenden Lasten aufhalten.
- ⇒ Beim Heben und Senken der Last den Kran Gondel nicht direkt über der Turmeingangstür positionieren. Die Kranluke muss sich mindestens 30° links oder rechts neben der Turmeingangstür befinden.



#### **WARNUNG**

##### **Lebensgefahr durch Absturz**

Beim Aufenthalt im hinteren Gondelbereich mit geöffneter Geländertür und geöffneter Kranluke besteht Absturzgefahr mit tödlichem Ausgang.

- ⇒ Bei einem Aufenthalt im hinteren Gondelbereich sowie geöffneter Kranluke und geöffneter Geländertür immer die persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz tragen und mit einem Bandfalldämpfer an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung anschlagen.

- ✓ Die Kommunikation zwischen Mitarbeiter 1 (Gondel) und Mitarbeiter 2 (Boden) ist gegeben.
- ✓ Die Rotorhaltebremse ist aktiviert.
- ✓ Mitarbeiter 1 ist mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung gesichert.
- 1. Den Hauptschalter Kran Gondel einschalten.
- 2. Den Transportkorb mit Material und Werkzeug am Turmfuß unterhalb der Kranluke positionieren.
- 3. Die Kranluke öffnen.
- 4. Den Haken des Krans Gondel mit Hilfe der Bedieneinheit zum Transportkorb ablassen. Während des Ablassens eine Sichtprüfung der Kette durchführen.
- 5. Den Haken des Krans Gondel am Transportkorb anschlagen.
- 6. Mitarbeiter 2: Den Kranhaken mit einem Führungsseil sichern.
- 7. Den Transportkorb über das Niveau der Kranluke anheben.

8. Die Tür im Geländer Kranluke öffnen.
9. Den Transportkorb in der Gondel hinter oder neben die Kranluke ziehen oder schwenken.
10. Den Transportkorb auf der Gondelbühne absetzen.
11. Die Tür des Geländers Kranluke schließen.
12. Die Kranluke schließen.
13. Mitarbeiter 1: Die Verbindung zwischen persönlicher Schutzausrüstung gegen Absturz und Anschlagpunkt zur Personensicherung lösen.
14. Den Haken des Krans Gondel vom Transportkorb lösen.
15. Den Haken des Krans Gondel nach oben bis zum Anschlag fahren.
16. Den Hauptschalter Kran Gondel ausschalten.

### 7.12.2 Material und Werkzeug aus der Gondel transportieren



#### **⚠️ WARNUNG**

##### **Lebensgefahr durch unsachgemäße Benutzung des Krans Gondel**

Bei unsachgemäßer Benutzung des Krans Gondel und durch eventuell herabfallende Lasten besteht Lebensgefahr.

- ⇒ Beim Heben und Senken der Last nicht die Kette berühren.
- ⇒ Die Taster an der Bedieneinheit des Krans Gondel nicht überbrücken oder einklemmen. Die Bedieneinheit bei Ermüdung der Hand in die andere Hand wechseln.
- ⇒ Bei Freileitungen in unmittelbarer Nähe ist die Gondel entgegengesetzt zur Freileitung zu drehen.
- ⇒ Nicht unter der geöffneten Kranluke und nicht unter schwebenden Lasten aufhalten.
- ⇒ Beim Heben und Senken der Last den Kran Gondel nicht direkt über der Turmeingangstür positionieren. Die Kranluke muss sich mindestens 30° links oder rechts neben der Turmeingangstür befinden.



#### **⚠️ WARNUNG**

##### **Lebensgefahr durch Absturz**

Beim Aufenthalt im hinteren Gondelbereich mit geöffneter Geländertür und geöffneter Kranluke besteht Absturzgefahr mit tödlichem Ausgang.

- ⇒ Bei einem Aufenthalt im hinteren Gondelbereich sowie geöffneter Kranluke und geöffneter Geländertür immer die persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz tragen und mit einem Bandfalldämpfer an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung anschlagen.

- ✓ Die Kommunikation zwischen Mitarbeiter 1 (Gondel) und Mitarbeiter 2 (Boden) ist gegeben.
  - ✓ Die Rotorhaltebremse ist aktiviert.
  - ✓ Mitarbeiter 1 ist mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung gesichert.
  - ✓ Das Führungsseil ist am Kranhaken angeschlagen.
1. Den Hauptschalter Kran Gondel einschalten.
  2. Den Haken des Krans Gondel mit Hilfe der Bedieneinheit ablassen und an den Transportkorb anschlagen.
  3. Den Transportkorb anheben, bis dieser frei beweglich ist.
  4. Die Kranluke öffnen.
  5. Die Tür des Geländers Kranluke öffnen.
  6. Den Transportkorb schieben oder schwenken, bis dieser über der Kranluke hängt.
  7. Die Tür des Geländers Kranluke schließen.
  8. Mitarbeiter 2: Den Kranhaken mit dem Führungsseil sichern.
  9. Den Transportkorb ablassen und auf dem Boden absetzen.
  10. Den Haken des Krans Gondel vom Transportkorb lösen.
  11. Den Haken des Krans Gondel nach oben bis zum Anschlag fahren.
  12. Die Kranluke schließen.
  13. Mitarbeiter 1: Die Verbindung zwischen persönlicher Schutzausrüstung gegen Absturz und Anschlagpunkt zur Personensicherung lösen.
  14. Den Hauptschalter Kran Gondel ausschalten.

## 7.13 Bedienung abschließen

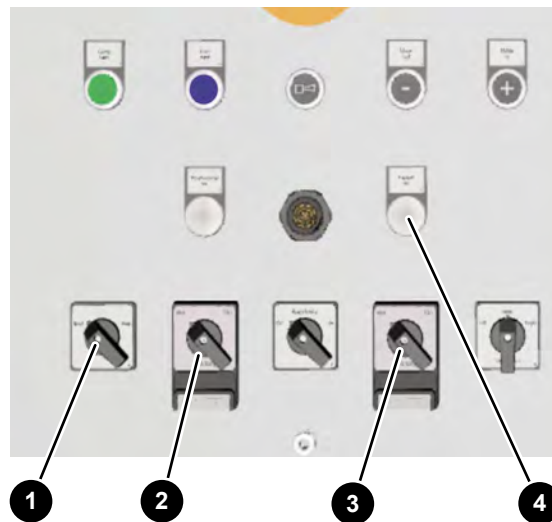


Abb. 63: Bedienelemente am Steuerschrank

1	Schalter <i>Wartung (Maintenance)</i>	2	Schalter <i>Start/Stop (Start/Stop)</i>
3	Schalter <i>Manuell/Automatik (Manual/Automatic)</i>	4	Leuchtmelder <i>Manuell Ein (Manual on)</i>

1. Beim Verlassen der Gondel sicherstellen, dass die Rotorarretierung und die Rotorhaltebremse gelöst sind.
2. Beim Verlassen der Gondel den Drehschalter *Licht- und Präsenzschalter Gondel (Nacelle light and presence switch)* auf *Aus (Off)* stellen.
3. Im Turmfuß die Windenergieanlage auf automatischen Betrieb stellen. Dazu den Schalter *Manuell/Automatik (Manual/Automatic)* am Steuerschrank betätigen, sodass der Leuchtmelder *Manuell Ein (Manual on)* erlischt.
4. Die Windenergieanlage starten. Dazu den Schalter *Start/Stop (Start/Stop)* am Steuerschrank auf *Start (Start)* stellen.
5. Warten, bis die Windenergieanlage den Betrieb aufgenommen hat.  
↪ Im Anlagendisplay erscheint die Statusmeldung 0:0 Anlage in Betrieb.
6. Die Fernüberwachung aktivieren. Dazu den Schalter *Wartung (Maintenance)* am Steuerschrank auf *Aus (Off)* stellen.
7. Beim Verlassen des Turms die Beleuchtung ausschalten.
8. Die Tür der Windenergieanlage verschließen.

## 8 Begehung

### 8.1 Begehung vorbereiten

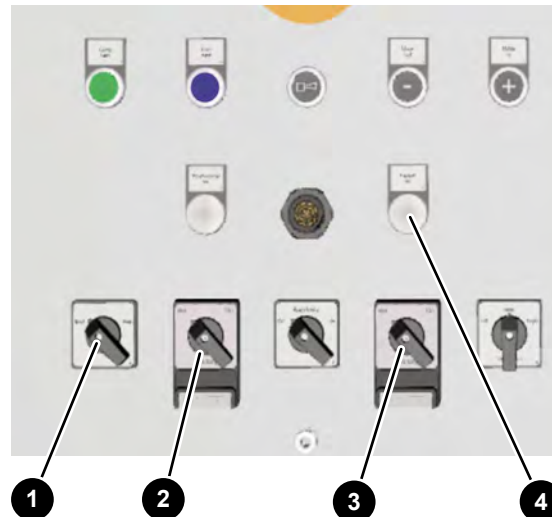


Abb. 64: Bedienelemente am Steuerschrank

1	Schalter <i>Wartung</i> (Maintenance)	2	Schalter <i>Start/Stop</i> (Start/Stop)
3	Schalter <i>Manuell/Automatik</i> (Manual/Automatic)	4	Leuchtmelder <i>Manuell Ein</i> (Manual on)

1. Die Windenergieanlage betreten und die Beleuchtung im Turm einschalten. Dazu den Taster für die Beleuchtung im Eingangsbereich der Windenergieanlage betätigen.
2. Die Fernüberwachung unterdrücken. Dazu den Schalter *Wartung* (Maintenance) am Steuerschrank auf *Ein* (On) stellen.
3. Prüfen, ob die Warnsignale beim Selbsttest der Signalsäulen und Warnleuchten im Turm abgegeben werden. Siehe dazu Tab. 4, S. 54.
4. Die Windenergieanlage anhalten. Dazu den Schalter *Start/Stop* (Start/Stop) am Steuerschrank auf *Stopp* (Stop) stellen.
5. Warten, bis die Rotorblätter in Fahnenstellung sind.
6. Die Windenergieanlage auf manuellen Betrieb stellen. Dazu den Schalter *Manuell/Automatik* (Manual/Automatic) am Steuerschrank betätigen, sodass der Leuchtmelder *Manuell Ein* (Manual on) leuchtet. Wenn der Leuchtmelder nicht leuchtet, eine Reparatur veranlassen. Keine weiteren Arbeiten durchführen.
7. Vor dem Betreten der Gondel die Beleuchtung einschalten. Dazu den Drehschalter *Licht- und Präsenzschalter Gondel* (Nacelle light and presence switch) im Zugangsbereich zur Gondel auf die Schalterstellung *Ein* (On) stellen.
8. Prüfen, ob die Warnsignale beim Selbsttest der Signalsäulen und Warnleuchten in der Gondel abgegeben werden. Siehe dazu Tab. 4, S. 54.

## 8.2 Sicherheitssteigleiter benutzen

### 8.2.1 Sicherheitssteigleiter bei seilgeführter Aufstiegshilfe benutzen



#### **⚠️ WARNUNG**

##### **Verletzungsgefahr durch Überanstrengung bei der Benutzung der Sicherheitssteigleiter**

Bei der Benutzung der Sicherheitssteigleiter kann es zu körperlicher Überanstrengung kommen.

- ⇒ Wenn möglich, die Aufstiegshilfe benutzen.
- ⇒ Das mitzuführende Gewicht minimieren.
- ⇒ Pausen machen.
- ⇒ Nur körperlich geeignete Personen dürfen im Turm aufsteigen.



#### **⚠️ WARNUNG**

##### **Quetschgefahr an Lukenklappen**

Beim Schließen einer Lukenklappe können Finger eingeklemmt und gequetscht werden. Insbesondere gilt dies, wenn die Lukenklappe geteilt ist.

- ⇒ Zum Öffnen und Schließen die Lukenklappe nur an ihren Grifföffnern fassen.
- ⇒ Bei geteilter Lukenklappe Finger von der Fuge zwischen den Klappenhälften fernhalten.

- ✓ Die Begehung ist vorbereitet.
- ✓ Die persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz ist angelegt.

#### **Aufstieg**

1. Zur Einstiegsebene der Sicherheitssteigleiter gehen.
2. Das mitlaufende Auffanggerät in die feste Führung der Sicherheitssteigleiter einführen.
3. An der Sicherheitssteigleiter aufsteigen.
4. Bei Bedarf in der Sicherheitssteigleiter, auf einem Turmboden oder auf einem Standplatz Pause machen. Dabei immer mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung sichern.
5. Bei Erreichen eines Turmbodens mit Lukenklappe durch die Luke steigen.
  - a) Durch Klopfen oder Rufen ggf. sich auf dem Turmboden befindende Personen warnen, dass die Lukenklappe des Turmbodens geöffnet wird.
  - b) Die Lukenklappe des Turmbodens öffnen.
  - c) Durch die Luke steigen.
  - d) Die Lukenklappe des Turmbodens vorsichtig schließen.



6. Auf einen Turmboden umsteigen.
  - a) Mit beiden Füßen auf den Turmboden stellen.
  - b) Auf dem Turmboden mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung sichern.
  - c) Das mitlaufende Auffanggerät aus der festen Führung der Sicherheitssteigleiter entfernen oder das mitlaufende Auffanggerät vom Auffanggurt lösen und bis zum Abstieg in der festen Führung der Sicherheitssteigleiter hängen lassen.

- Abstieg**
1. Vom Turmboden auf die Sicherheitssteigleiter umsteigen.
    - a) Mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung auf dem Turmboden sichern.
    - b) Mit beiden Füßen auf den Turmboden stellen.
    - c) Das mitlaufende Auffanggerät am Auffanggurt befestigen und in die feste Führung der Sicherheitssteigleiter einführen.
    - d) Die Sicherung mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung auf dem Turmboden entfernen.
    - e) Mit beiden Füßen auf die Leitersprossen stellen.
  2. Durch die Luke des obersten Turmbodens steigen.
    - a) Die Lukenklappe des Turmbodens öffnen.
    - b) Durch die Luke steigen.
    - c) Die Lukenklappe des Turmbodens vorsichtig schließen.
  3. An der Sicherheitssteigleiter absteigen.
  4. Bei Bedarf in der Sicherheitssteigleiter, auf einem Turmboden oder auf einem Standplatz Pause machen. Dabei immer mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung sichern.
  5. Bei Erreichen eines Turmbodens mit Lukenklappe durch die Luke steigen.
    - a) Die Lukenklappe des Turmbodens öffnen.
    - b) Durch die Luke steigen.
    - c) Die Lukenklappe des Turmbodens vorsichtig schließen.
  6. Nach dem Abstieg das mitlaufende Auffanggerät aus der festen Führung der Sicherheitssteigleiter entfernen.

## 8.3 Aufstiegshilfe benutzen

### 8.3.1 Seilgeführte Aufstiegshilfe benutzen



#### **⚠️ WARNUNG**

#### **Absturzgefahr durch Pendelbewegungen und Überlastung der Aufstiegshilfe**

Starke Pendelbewegungen und Überlastung der Aufstiegshilfe können zum Absturz und damit zu schweren Verletzungen oder zum Tod führen.

- ⇒ Beim Betreten des Fahrkorbs der Aufstiegshilfe mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung anschlagen.
- ⇒ Bei körperlich schlechter Verfassung oder Unwohlsein die Benutzung der Aufstiegshilfe unterlassen.
- ⇒ Unnötige Bewegungen während der Fahrt vermeiden.
- ⇒ Die maximale Nutzlast von 240 kg nicht überschreiten.
- ⇒ Die Aufstiegshilfe mit maximal 2 Personen gleichzeitig benutzen.

- ✓ Die Begehung ist vorbereitet.
  - ✓ Die Aufstiegshilfe ist für die Benutzung freigegeben.
  - ✓ Die persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz ist angelegt.
  - ✓ Ein Kommunikationssystem wird mitgeführt.
  - ✓ Mindestens eine weitere Person befindet sich in der Gondel oder im Turmfuß.
1. Zur Einstiegsebene der Aufstiegshilfe gehen.
  2. Die Fahrkorbttür der Aufstiegshilfe öffnen.
  3. Das Geländer öffnen.
    - a) Den Geländertürschlüssel, der sich an einer Kette im Fahrkorb befindet, in das Schloss der Geländertür stecken.
    - b) Die Geländertür öffnen.
  4. Den Fahrkorb der Aufstiegshilfe betreten.
  5. Mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung in der Aufstiegshilfe sichern.
  6. Eine ggf. vorhandene Sicherung mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung außerhalb der Aufstiegshilfe entfernen.
  7. Das Geländer schließen.
    - a) Die Geländertür schließen.
    - b) Den Geländertürschlüssel aus dem Schloss der Geländertür entfernen.
  8. Die Fahrkorbttür der Aufstiegshilfe schließen.

9. Vor der ersten Fahrt des Tages mit der Aufstiegshilfe zusammen mit mindestens einer weiteren Person, die sich außerhalb der Aufstiegshilfe befindet, die arbeitstägliche Überprüfung der Aufstiegshilfe gemäß Betriebsanleitung der Aufstiegshilfe durchführen. Die Betriebsanleitung befindet sich in der Dokumententasche in der Aufstiegshilfe.
10. Wenn keine Mängel vorliegen, die Aufstiegshilfe gemäß Betriebsanleitung der Aufstiegshilfe bedienen. Die Betriebsanleitung befindet sich in der Dokumententasche in der Aufstiegshilfe.
11. Wenn die gewünschte Ausstiegsplattform erreicht ist, die Fahrkorb-tür der Aufstiegshilfe öffnen.
12. Das Geländer öffnen.
  - a) Den Geländertürschlüssel in das Schloss der Geländertür stecken.
  - b) Die Geländertür öffnen.
13. Den Fahrkorb der Aufstiegshilfe verlassen.
14. Mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung außerhalb der Aufstiegshilfe sichern.
15. Die Sicherung mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung in der Aufstiegshilfe lösen.
16. Das Geländer schließen.
  - a) Die Geländertür schließen.
  - b) Den Geländertürschlüssel aus dem Schloss der Geländertür entfernen.
17. Die Fahrkorb-tür der Aufstiegshilfe schließen.
18. Nach der letzten Fahrt des Tages mit der Aufstiegshilfe die Benutzung der Aufstiegshilfe abschließen.
  - a) Mit der Aufstiegshilfe zur Einstiegsebene fahren.
  - b) Den Schlüsselschalter der Aufstiegshilfe ausschalten und den Schlüssel abziehen.
  - c) Die Fahrkorb-tür der Aufstiegshilfe öffnen.
  - d) Das Geländer öffnen.
  - e) Den Fahrkorb der Aufstiegshilfe verlassen.
  - f) Die Sicherung mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung in der Aufstiegshilfe entfernen.
  - g) Das Geländer schließen.
  - h) Die Fahrkorb-tür der Aufstiegshilfe schließen.

## 8.4 Gondel begehen



### ⚠️ WARNUNG

#### **Absturzgefahr durch geöffnete Maschinenhausluke**

Ein Absturz durch die Maschinenhausluke kann schwere Verletzungen oder den Tod zur Folge haben.

⇒ Maschinenhausluke nach dem Durchstieg schließen.

#### **Gondel betreten**

- ✓ Die Person befindet sich auf dem obersten Turmboden.
- ✓ Die Lukenklappe des obersten Turmbodens ist geschlossen.
- 1. Die Leiter zum Maschinenhaus hinaufsteigen.
- 2. Die Gondelbeleuchtung einschalten. Dazu den Drehschalter *Licht- und Präsenzscharter Gondel (Nacelle light and presence switch)* im Zugangsbereich zur Gondel auf die Schalterstellung *Ein (On)* stellen.
- 3. Prüfen, ob die Warnsignale beim Selbsttest der Signalsäulen und Warnleuchten in der Gondel abgegeben werden. Siehe dazu Tab. 4, S. 54.
- 4. Die Maschinenhausluke öffnen.
- 5. Das Maschinenhaus betreten.
- 6. Die Maschinenhausluke schließen, um Absturzgefahr zu verhindern.

#### **Gondel verlassen**

- ✓ Die Person befindet sich in der Gondel.
- ✓ Die Maschinenhausluke ist geschlossen.
- ✓ Die Rotorarretierung und die Rotorhaltebremse sind gelöst.
- 1. Die Maschinenhausluke öffnen.
- 2. Die Gondel durch die Maschinenhausluke verlassen.
- 3. Die Maschinenhausluke schließen.
- 4. Die Gondelbeleuchtung ausschalten. Dazu den Drehschalter *Licht- und Präsenzscharter Gondel (Nacelle light and presence switch)* im Zugangsbereich der Gondel auf die Schalterstellung *Aus (Off)* stellen.
- 5. Die Leiter zum obersten Turmboden absteigen.

## 8.5 Rotorkopf begehen



### ⚠ VORSICHT

#### **Stolpergefahr wegen Unebenheit der Tritt- und Standflächen im Rotorkopf**

Stolpern über Unebenheiten der Tritt- und Standflächen oder über Verstrebungen in Bodennähe kann zu Verletzungen führen. Bei einem Ausfall der Beleuchtung im Rotorkopf besteht Sturz- und Stolpergefahr.

- ⇒ Beim Betreten des Rotorkopfs die Handlampe Gondel mitführen.
- ⇒ Im Rotorkopf nur vorsichtig und nicht freihändig bewegen.

- Rotorkopf betreten** ✓ Der Rotor ist arretiert und der Zugang zum Rotorkopf ist freigegeben.
1. Durch den Maschinenträger zum Achszapfen gehen.
  2. Die Zugangstür zum Rotorkopf öffnen.
  3. Durch die Öffnung zum Rotorkopf durchsteigen.

- Rotorkopf verlassen** 1. Durch die Öffnung vom Rotorkopf in den Achszapfen steigen.
2. Die Zugangstür zum Rotorkopf schließen.

## 8.6 Dachmodul begehen



### ⚠ WARNUNG

#### **Lebensgefahr durch Absturz**

Absturz führt in der Regel zu schweren Verletzungen oder zum Tod.

- ⇒ Beim Ausstieg aus der Dachluke persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz tragen.
- ⇒ Nach dem Öffnen der Dachluke noch vor dem Ausstieg mit einem Bandfalldämpfer an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung sichern.

- ✓ Der Rotor ist arretiert und der Zugang zum Rotorkopf ist freigegeben.

- Dachmodul betreten** 1. Den Generator durch die Zugangstür zum Generator betreten.
2. Die Leiter zur Dachluke betreten und aufsteigen.
  3. Die Dachluke öffnen.

**⚠️ WARNUNG!** Beim Betreten des Dachmoduls besteht Rutschgefahr. Mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung sichern. Das Dachmodul vorsichtig betreten. Schnee und Eis entfernen. Nicht direkt in die Befeuerungsleuchten sehen.

4. Durch die geöffnete Dachluke auf das Dachmodul steigen.
5. Die Dachluke schließen.

#### Dachmodul verlassen

1. Die Dachluke öffnen.
2. Vorsichtig in den Generator einsteigen. Dabei ausreichend sichern.
3. Nach dem Einstieg in den Generator die Sicherung am Dachmodul lösen.
4. Die Dachluke schließen.
5. Die Leiter im Generator absteigen.
6. Den Generator durch die Zugangstür verlassen.

## 8.7 Begehung abschließen

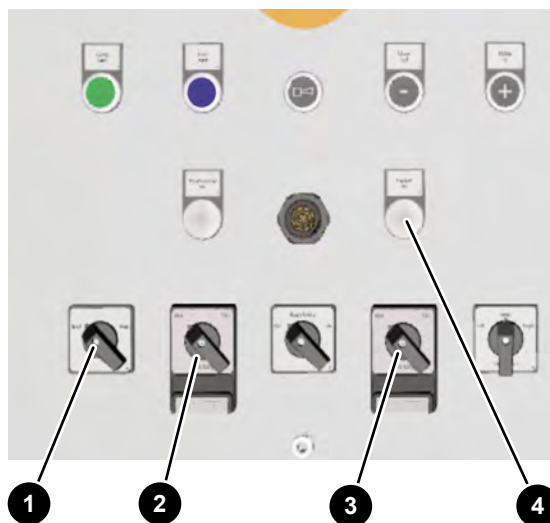


Abb. 65: Bedienelemente am Steuerschrank

1	Schalter <i>Wartung (Maintenance)</i>	2	Schalter <i>Start/Stop (Start/Stop)</i>
3	Schalter <i>Manuell/Automatik (Manual/Automatic)</i>	4	Leuchtmelder <i>Manuell Ein (Manual on)</i>

1. Beim Verlassen der Gondel sicherstellen, dass die Rotorarretierung und die Rotorhaltebremse gelöst sind.
2. Beim Verlassen der Gondel den Drehschalter *Licht- und Präsenzschalter Gondel (Nacelle light and presence switch)* auf *Aus (Off)* stellen.
3. Im Turmfuß die Windenergieanlage auf automatischen Betrieb stellen. Dazu den Schalter *Manuell/Automatik (Manual/Automatic)* am Steuerschrank betätigen, sodass der Leuchtmelder *Manuell Ein (Manual on)* erlischt.

4. Die Windenergieanlage starten. Dazu den Schalter *Start/Stopp (Start/Stop)* am Steuerschrank auf *Start (Start)* stellen.
5. Warten, bis die Windenergieanlage den Betrieb aufgenommen hat.
  - ↔ Im Anlagendisplay erscheint die Statusmeldung 0:0 Anlage in Betrieb.
6. Die Fernüberwachung aktivieren. Dazu den Schalter *Wartung (Maintenance)* am Steuerschrank auf *Aus (Off)* stellen.
7. Beim Verlassen des Turms die Beleuchtung ausschalten.
8. Die Tür der Windenergieanlage verschließen.



## 9 Wartung

### **Wartung durch den Betreiber**

Um den dauerhaft sicheren und optimalen Betrieb der Windenergieanlage sicherzustellen, muss die Windenergieanlage in regelmäßigen Abständen, je nach Anforderung mindestens 1-mal jährlich, gewartet werden.

Der Betreiber kann die Wartung selbst durchführen oder Dritte damit beauftragen.

### **Wartung durch ENERCON**

ENERCON empfiehlt den Abschluss eines Vertrags über das EPK. Während der Laufzeit des EPK-Vertrags garantiert ENERCON darin eine sehr hohe technische Verfügbarkeit und übernimmt die Verantwortung sowie die Kosten für den optimalen und sicheren Betrieb der Windenergieanlage.

Im Rahmen des EPK-Vertrags organisiert ENERCON die Wartung und eventuell anfallende Reparaturen. Ferner ist eine lückenlose Dokumentation aller Wartungen und Reparaturen gewährleistet. Informationen zu den durchgeführten Wartungstätigkeiten können über das ENERCON SIP jederzeit abgerufen werden. Weitere Details zum EPK-Vertrag sind bei ENERCON erhältlich.

## 10 Reparatur, Nachrüstung und Austausch von Teilen

Bei einer Reparatur oder einer Nachrüstung dürfen nur Original-Ersatzteile und Austauschteile von ENERCON verwendet werden. Jede nicht von ENERCON ausdrücklich autorisierte oder nicht gemäß den Anweisungen von ENERCON ausgeführte Veränderung der Windenergieanlage hat den Verlust der Gewährleistung des Herstellers zur Folge.

### **Austausch und Proof-Test**

Unabhängig davon besteht das Risiko, dass die Betriebserlaubnis der Windenergieanlage ungültig wird. Nach einer Betriebsdauer von 20 Jahren müssen die elektrischen Komponenten der Sicherheitseinrichtungen für die restliche Lebensdauer der Windenergieanlage ertüchtigt werden. Dies kann durch einen Proof-Test (vgl. DIN EN ISO 13849-1:2018) oder einen Komponententausch sichergestellt werden. Eine Liste der auszutauschenden Komponenten gibt es in der Wartungsanleitung.

Für den notwendigen Austausch der elektrischen Komponenten der Sicherheitseinrichtungen dürfen ausschließlich neue oder werksneue Teile verwendet werden.

Werden die elektrischen Komponenten der Sicherheitseinrichtungen nach 20 Jahren Betriebsdauer nicht ertüchtigt, ist das Weiterbetreiben der Windenergieanlage verboten.

## 11 Betriebsstörungen und Fehlerbehebung

Eine Betriebsstörung liegt vor, wenn die Windenergieanlage wegen eines unerwarteten Ereignisses nicht mehr optimal oder sicher betrieben werden kann. Je nach Art der Betriebsstörung läuft die Windenergieanlage weiter, hält an, oder versucht, nach einem Halt neu zu starten. Die Ursache für eine Betriebsstörung kann in der Windenergieanlage selbst liegen oder von außen kommen, z. B. durch Störungen im Stromnetz.

Wenn eine Betriebsstörung vorliegt oder eintritt während Personen in der Windenergieanlage sind, oder ein Not-Halt-Taster oder der Transformator-Not-Aus-Taster gedrückt wurden, müssen der vor Ort Verantwortliche und der ENERCON Service informiert werden. Die Betriebsstörung darf nicht eigenmächtig beseitigt werden, da dies zu schweren Personen- oder Sachschäden führen kann. Die Betriebsstörung muss durch Personen der Qualifikationsstufe C behoben werden.

### Warnmeldungen

Betriebsstörungen, die für den Betrieb der Windenergieanlage unkritisch sind, generieren Warnmeldungen. Warnmeldungen führen nicht zum Halt der Windenergieanlage. Auf dem Anlagendisplay der Windenergieanlage werden Warnmeldungen nicht angezeigt.

Ein Beispiel ist der Defekt eines redundant vorhandenen Temperatursensors im Generator. In solchen Fällen sendet die Steuerung der Windenergieanlage eine Warnmeldung. Die Betriebsstörung, die zu der Warnmeldung geführt hat, muss innerhalb einer bestimmten Frist beseitigt werden. Anderenfalls erzeugt die Steuerung der Windenergieanlage eine Störmeldung. Die Windenergieanlage hält an.

### Störmeldungen

Betriebsstörungen, die für den Betrieb kritisch sind, werden durch eine Störmeldung im Anlagendisplay angezeigt.

Störmeldungen sind formal Statusmeldungen; die möglichen Störmeldungen werden daher zusammen mit den Statusmeldungen in der Statusliste aufgeführt. Alle Status mit Hauptstatus > 0 sind Störungen bzw. Abweichungen vom Normalbetrieb.

Störmeldungen werden über das ENERCON SCADA System an den ENERCON Service übermittelt. Bevor die Windenergieanlage den Betrieb fortsetzen kann, muss die Ursache für die Betriebsstörung beseitigt worden sein und die Störmeldung quittiert werden.

Im sehr unwahrscheinlichen Fall, dass die Windenergieanlage offensichtlich nicht richtig arbeitet oder ein Schaden vorliegt, ohne dass die Windenergieanlage anhält oder eine Störmeldung anzeigt, muss die Windenergieanlage sofort abgeschaltet und der ENERCON Service informiert werden.

### Schmierung der Blattflanschlager

Der Schmierfilm in den Blattflanschlager muss durch regelmäßige Schmierfahrten aufrechterhalten werden. Im Normalbetrieb werden die Schmierfahrten automatisch von der Steuerung ausgelöst. Sind automatische Schmierfahrten aufgrund einer Betriebsstörung für mehr als 7 Tage nicht möglich, muss der ENERCON Service informiert werden.

## 12 Außerbetriebnahme, Demontage und Entsorgung

Die Windenergieanlage ist für eine bestimmte Lebensdauer ausgelegt. Die tatsächliche Nutzungsdauer der Windenergieanlage kann darüber hinausgehen. Der Betrieb der Windenergieanlage ist unter technischen Gesichtspunkten zulässig und sinnvoll, solange die Windenergieanlage sicher und wirtschaftlich betrieben werden kann.

**Außerbetriebnahme** Zur Außerbetriebnahme muss die Windenergieanlage ausgeschaltet und durch qualifiziertes Personal vom Stromnetz getrennt werden. Ist die Windenergieanlage abgeschaltet, kann sie aus ungünstigen Richtungen angeströmt werden, da auch die Windnachführung deaktiviert ist. Daher darf die Windenergieanlage nur außer Betrieb genommen werden, wenn die Windverhältnisse dies zulassen. Nach der Außerbetriebnahme muss die Windenergieanlage umgehend demontiert werden.

**Demontage** Der Abbau einer Windenergieanlage muss durch ENERCON oder durch qualifiziertes Personal erfolgen.  
In Ausnahmefällen wird die abgebaute Windenergieanlage an anderer Stelle wieder aufgebaut und weiter betrieben. In diesen Fällen müssen Abbau, Transport, Wiederaufbau und die erneute Inbetriebnahme von ENERCON oder von qualifiziertem Personal durchgeführt werden.

**Entsorgung** Einige Stoffe aus der Windenergieanlage können aufbereitet und einer erneuten Nutzung zugeführt werden. Die Windenergieanlage enthält auch Stoffe, die bei falschem Umgang Personen gefährden und Umweltschäden verursachen können. Die Aufbereitung oder Entsorgung der Stoffe muss fachgerecht nach den am Entsorgungsort geltenden Bestimmungen erfolgen.

## 13 Technische Daten

### 13.1 Allgemeine Daten

Tab. 14: Allgemeine Daten

Merkmal	Wert	Einheit
Typenbezeichnung <sup>1</sup>	E-115 EP3 E3	
Bezeichnung Steuerung	EP3-CS-02	
Bezeichnung Rotorblatt	E-115 EP3-RB-03	
Bezeichnung Generator	E-115 EP3 E3-GE-01	
Bezeichnung E-Modul	EP3-EM-5D	
Bezeichnung Stahlrohr-turm	E-115 EP3 E3-ST-67-FB-C-01 E-115 EP3 E3-ST-87-FB-C-01 E-115 EP3 E3-ST-92-FB-C-01	
Bezeichnung Hybrid-Stahl-turm	E-115 EP3 E3-HST-122-FB-C-01 E-115 EP3 E3-HST-149-FB-C-01	
Bezeichnung Hybridturm	E-115 EP3 E3-HT-135-ES-C-01	
Auslegungslebensdauer	25	Jahre
Blitzschutz (IEC 61400-24)	LPL 1+	

<sup>1</sup> typenschildrelevant

## 13.2 Betriebsdaten

Tab. 15: Betriebsdaten (Nennleistung 2990 kW)

Merkmal		Wert		Einheit	
Nennleistung (leistungsoptimierter Betriebsmodus) <sup>1</sup>	max. Schallleistungspegel (leistungsoptimierter Betriebsmodus)	2990	103,9	kW	dB(A)
Nennleistung (leistungsreduzierte Betriebsmodi)	max. Schallleistungspegel (leistungsreduzierte Betriebsmodi)	500	94,2		
		1000	98,6		
		1500	101,4		
		2000	103,2		
		2500	103,5		
Nennleistung (schallreduzierte Betriebsmodi)	max. Schallleistungspegel (schallreduzierte Betriebsmodi)	2990	103,3		
		2990	102,3		
Nennwindgeschwindigkeit (leistungsoptimierter Betriebsmodus)		14,0		m/s	
Nenn-drehzahl (leistungsoptimierter Betriebsmodus)		12,4		U/min	
Solldrehzahl (leistungsoptimierter Betriebsmodus) <sup>2</sup>		12,7		U/min	
Einschaltwindgeschwindigkeit <sup>1</sup>		2		m/s	
Abregelwindgeschwindigkeit <sup>3</sup>		25		m/s	
Abschaltwindgeschwindigkeit <sup>1,4</sup>		34		m/s	
untere Drehzahl Leistungseinspeisung <sup>5</sup>		4,4 (NH 67 m, NH 122 m und NH 149 m)		U/min	
		6,0 (NH 87 m, NH 92 m und NH 135 m)			
maximale Trudeldrehzahl		2,5		U/min	
minimaler Eigenbedarf		19		kW	
maximaler Eigenbedarf		124		kW	
Betriebsbereich <sup>6</sup> mit Standardausrüstung		-25 bis +40		°C	
Betriebsbereich <sup>6</sup> mit Cold-Climate-Ausrüstung		-40 bis +40		°C	
Betriebsbereich <sup>6</sup> mit Hot-Climate-Ausrüstung		-25 bis +40		°C	
Nennleistungsbereich <sup>7</sup> mit Standardausrüstung		-19 bis +33		°C	
Nennleistungsbereich <sup>7</sup> mit Cold-Climate-Ausrüstung		-34 bis +33		°C	

Merkmal	Wert	Einheit
Nennleistungsbereich <sup>7</sup> mit Hot-Climate-Ausrüstung	-19 bis +37	°C

<sup>1</sup> typenschildrelevant

<sup>2</sup> Die Solldrehzahl ist etwas höher als die Nenndrehzahl, bei der die Nennleistung erreicht wird. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die Drehzahl bei einer kurzzeitigen Verringerung der Windgeschwindigkeit nicht unter die zum Erreichen der Nennleistung notwendige Drehzahl abfällt. Bei Böen kann die Drehzahl kurzzeitig über die Solldrehzahl ansteigen.

<sup>3</sup> 12-s-Mittelwert

<sup>4</sup> 10-min-Mittelwert

<sup>5</sup> Nabenhöhe (NH) aus Turmbezeichnung

<sup>6</sup> Umgebungstemperaturbereich, in dem die Windenergieanlage Leistung erzeugen kann.

<sup>7</sup> Umgebungstemperaturbereich, in dem die Windenergieanlage Nennleistung erzeugen kann.

**Tab. 16: Betriebsdaten (Nennleistung 4200 kW)**

Merkmal		Wert		Einheit	
Nennleistung (leistungsoptimierter Betriebsmodus) <sup>1</sup>	max. Schallleistungspegel (leistungsoptimierter Betriebsmodus)	4200	104,8	kW	dB(A)
Nennleistung (leistungsreduzierte Betriebsmodi)	max. Schallleistungspegel (leistungsreduzierte Betriebsmodi)	500	94,2		
		1000	98,6		
		1500	101,4		
		2000	103,2		
		2500	103,5		
		2990	103,9		
		3500	104,1		
Nennleistung (schallreduzierte Betriebsmodi)	max. Schallleistungspegel (schallreduzierte Betriebsmodi)	4000	104,0		
		3800	103,0		
Nennwindgeschwindigkeit (leistungsoptimierter Betriebsmodus)		16,0		m/s	
Nenndrehzahl (leistungsoptimierter Betriebsmodus)		12,9		U/min	
Solldrehzahl (leistungsoptimierter Betriebsmodus) <sup>2</sup>		13,2		U/min	
Einschaltwindgeschwindigkeit <sup>1</sup>		2		m/s	
Abregelwindgeschwindigkeit <sup>3</sup>		25		m/s	
Abschaltwindgeschwindigkeit <sup>1,4</sup>		34		m/s	



Merkmal	Wert	Einheit
untere Drehzahl Leistungseinspeisung <sup>5</sup>	4,4 (NH 67 m, NH 122 m und NH 149 m)	U/min
	6,0 (NH 87 m, NH 92 m und NH 135 m)	
maximale Trudeldrehzahl	2,5	U/min
minimaler Eigenbedarf	19	kW
maximaler Eigenbedarf	124	kW
Betriebsbereich <sup>6</sup> mit Standardausrüstung	-25 bis +40	°C
Betriebsbereich <sup>6</sup> mit Cold-Climate-Ausrüstung	-40 bis +40	°C
Betriebsbereich <sup>6</sup> mit Hot-Climate-Ausrüstung	-25 bis +40	°C
Nennleistungsbereich <sup>7</sup> mit Standardausrüstung	-15 bis +25	°C
Nennleistungsbereich <sup>7</sup> mit Cold-Climate-Ausrüstung	-30 bis +25	°C
Nennleistungsbereich <sup>7</sup> mit Hot-Climate-Ausrüstung	-15 bis +33	°C

<sup>1</sup> typenschildrelevant

<sup>2</sup> Die Solldrehzahl ist etwas höher als die Nenndrehzahl, bei der die Nennleistung erreicht wird. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die Drehzahl bei einer kurzzeitigen Verringerung der Windgeschwindigkeit nicht unter die zum Erreichen der Nennleistung notwendige Drehzahl abfällt. Bei Böen kann die Drehzahl kurzzeitig über die Solldrehzahl ansteigen.

<sup>3</sup> 12-s-Mittelwert

<sup>4</sup> 10-min-Mittelwert

<sup>5</sup> Nabenhöhe (NH) aus Turmbezeichnung

<sup>6</sup> Umgebungstemperaturbereich, in dem die Windenergieanlage Leistung erzeugen kann.

<sup>7</sup> Umgebungstemperaturbereich, in dem die Windenergieanlage Nennleistung erzeugen kann.

### 13.3 Gondeldaten

Tab. 17: Gondeldaten

Merkmal	Wert	Einheit
Höhe der Gondel	9,23	m
Breite der Gondel	9,23	m
Länge der Gondel	12,88	m

Merkmal	Wert	Einheit
Länge des Maschinenhauses	6,32	m
Gesamtgewicht der Gondel	187	t
Windnachführung	aktiv, 12 Azimut- antriebe	

## 13.4 Rotor- und Rotorblattverstellungsdaten

Tab. 18: Rotor- und Rotorblattverstellungsdaten

Merkmal	Wert	Einheit
Rotordurchmesser	115,71	m
Rotorblattlänge	56,514	m
überstrichene Rotorfläche	10516	m <sup>2</sup>
Exzentrizitätsfläche im Stillstand	10892	m <sup>2</sup>
Tipgeschwindigkeit bei Nenndrehzahl (4200 kW)	79,78	m/s
Tipgeschwindigkeit bei Nenndrehzahl (2990 kW)	76,76	m/s
Rotorblattanzahl	3	
Rotorblattmaterial	GFK (Glasfaserverstärkter Kunststoff), Balsaholz, Schaumstoff	
Drehrichtung	Uhrzeigersinn (in Windrichtung gesehen)	
Rotorachswinkel zur Horizontalen	7	°
Konuswinkel	2,5	°
Blattverstellungssystem	je Rotorblatt ein autarkes Stellsystem mit zugeordneter Notversorgung	
Betriebsbremse	aerodynamisch über Blattverstellung	
Rotorhaltebremse	hydraulische Scheibenbremse	
Rotorarretierung	3x 2 hydraulisch verfahrbare Bolzen; alle 10° arretierbar	
Rotornabe	aus Kugelgraphitguss, rotiert auf feststehendem Achszapfen	
Lagerung	2 angestellte Kegelrollenlager in O-Anordnung	

## 13.5 Generatordaten

Tab. 19: Generatordaten

Merkmal	Wert	Einheit
Typ	direktgetriebener fremderregter Synchrongenerator	
Durchmesser des Generators	8,3	m
Schutzart/Isolationsklasse	mindestens IP 23/F	
Anzahl elektrischer Systeme Stator	8	
Polpaarzahl	51	
Leitermaterial Stator	Aluminium-Formspulen	
Leitermaterial Rotor	Aluminium-Bandwicklung	
mechanische Teilung Stator	2	
mechanische Teilung Rotor	3	
Spannungsanpassung für Netzeinspeisung	aktiver Gleichrichter mit Wechselrichter (B2B-Umrichterschränke)	
Kühlsystem	Luftkühlung	
Anzahl Gondellüfter (Generator und Achszapfen)	8 + 1	

## 13.6 Turmdaten

**Tab. 20: Turmdaten Stahltürme**

	<b>E-115 EP3 E3- ST-67-FB-C-01</b>	<b>E-115 EP3 E3- ST-87-FB-C-01</b>	<b>E-115 EP3 E3- ST-92-FB-C-01</b>	
<b>Merkmal</b>	<b>Wert</b>	<b>Wert</b>	<b>Wert</b>	<b>Ein- heit</b>
Bauart	Stahlrohrturm mit Fundamentkorb	Stahlrohrturm mit Fundamentkorb	Stahlrohrturm mit Fundamentkorb	
Anzahl Sektionen	3	4	4	
Gesamthöhe der Wind- energieanlage über Oberkante Gelände	124,74	144,51	149,86	m
Nabenhöhe über Ober- kante Gelände	66,88	86,65	92,00	m
Höhe Oberkante Gondel über Oberkante Gelände	71,20	90,97	96,32	m
Turmhöhe über Ober- kante Fundament	64,85	81,96	89,06	m
Außendurchmesser Turmfuß	4,27	4,65	4,65	m
Turmmasse	193	279	305	t

**Tab. 21: Turmdaten Hybrid-Stahltürme und Hybridtürme**

	<b>E-115 EP3 E3- HST-122-FB-C-01</b>	<b>E-115 EP3 E3- HST-149-FB-C-01</b>	<b>E-115 EP3 E3- HT-135-ES-C-01</b>	
<b>Merkmal</b>	<b>Wert</b>	<b>Wert</b>	<b>Wert</b>	<b>Ein- heit</b>
Bauart	Hybrid-Stahlurm	Hybrid-Stahlurm	Hybridturm	
Anzahl Sektionen	7	9	3 (Stahl)/22 (Beton)	
Gesamthöhe der Wind- energieanlage über Oberkante Gelände	179,73	206,84	192,87	m
Nabenhöhe über Ober- kante Gelände	121,87	148,98	135,01	m
Höhe Oberkante Gondel über Oberkante Gelände	126,19	153,30	139,33	m
Turmhöhe über Ober- kante Fundament	117,23	144,34	130,62	m
Außendurchmesser Turmfuß	5,51	6,36	8,43	m
Turmmasse	390	490	1354	t

## 13.7 Auslegungsbedingungen

Tab. 22: Auslegung der Turbulenzintensität

Windgeschwindigkeit in Na- benhöhe in m/s	Turbulenzintensität in %
2	56,80
4	34,40
6	26,93
8	23,20
10	20,96
12	19,47
14	18,40
16	17,60
18	16,98
20	16,48
22	16,07
24	15,73
26	15,45
28	15,20
30	14,99
32	14,80
34	14,64

Tab. 23: Auslegung der Umgebungsbedingungen

Merkmal	Wert	Einheit
Schräganströmung	8	°
normaler Temperatur- bereich	-10 bis +40	°C
extremer Temperatur- bereich	-20 bis +50	°C
relative Luftfeuchtig- keit	≤ 95	%
maximale Sonnenein- strahlung	1000	W/m <sup>2</sup>
Standard-Luftdichte	1,225	kg/m <sup>3</sup>

Die Windenergieanlage ist/wird für die folgenden Auslegungsbedingungen der DIBt 2012 und IEC 61400-1:2005-08+A1:2010 (3rd Edition) zertifiziert. Für den Anlagenstandort müssen diese Auslegungsbedingungen berücksichtigt werden.

**Tab. 24: Zertifizierte/angestrebte Auslegungsbedingungen, turmspezifisch (1)**

	<b>E-115 EP3 E3-ST-67-FB-C-01</b>	<b>E-115 EP3 E3-ST-87-FB-C-01</b>	
<b>Merkmal</b>	<b>Wert</b>	<b>Wert</b>	<b>Einheit</b>
Windklasse (IEC 3rd Edition) <sup>1</sup>	S	I	
Turbulenzkategorie (IEC 3rd Edition)	A	A	
Windzone (DIBt 2012) / Geländekategorie <sup>2</sup>	-	-	
50-Jahres-Extremwindgeschwindigkeit in Nabenhöhe (10-min-Mittelwert) (IEC 3rd Edition)	50,00	50,00	m/s
entspricht einem Lastäquivalent von circa (3-s-Böe)	70,00	70,00	m/s
50-Jahres-Extremwindgeschwindigkeit in Nabenhöhe (10-min-Mittelwert) (DIBt 2012)	-	-	m/s
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (IEC 3rd Edition) <sup>1</sup>	8,80	10,00	m/s
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (DIBt 2012)	-	-	m/s
Windgradient	0,0 bis 0,2	0,0 bis 0,2	

<sup>1</sup> typenschildrelevant

<sup>2</sup> WZ: Windzone; GK: Geländekategorie (terrain category)

**Tab. 25: Zertifizierte/angestrebte Auslegungsbedingungen, turmspezifisch (2)**

	<b>E-115 EP3 E3-ST-92-FB-C-01</b>	<b>E-115 EP3 E3-HST-122-FB-C-01</b>	
<b>Merkmal</b>	<b>Wert</b>	<b>Wert</b>	<b>Einheit</b>
Windklasse (IEC 3rd Edition) <sup>1</sup>	S	S	
Turbulenzkategorie (IEC 3rd Edition)	A	A	
Windzone (DIBt 2012) / Geländekategorie <sup>2</sup>	WZ 4 / GK I und II	WZ 3 / GK I und II	
50-Jahres-Extremwindgeschwindigkeit in Nabenhöhe (10-min-Mittelwert) (IEC 3rd Edition)	50,00	42,50	m/s
entspricht einem Lastäquivalent von circa (3-s-Böe)	70,00	59,50	m/s
50-Jahres-Extremwindgeschwindigkeit in Nabenhöhe (10-min-Mittelwert) (DIBt 2012)	45,13	42,77	m/s
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (IEC 3rd Edition) <sup>1</sup>	9,10 <sup>3</sup>	7,80 <sup>4</sup>	m/s
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (DIBt 2012)	9,10	7,80	m/s
Windgradient	0,0 bis 0,3	0,0 bis 0,3	

<sup>1</sup> typenschildrelevant

<sup>2</sup> WZ: Windzone; GK: Geländekategorie (terrain category)

<sup>3,4</sup> Obwohl die Turmkonfiguration für eine verringerte mittlere Windgeschwindigkeit ausgelegt ist, kann die Standorteignung mittels Lastrechnung abhängig von den Standortbedingungen für höhere mittlere Windgeschwindigkeiten nachgewiesen werden. Die Design-Zielgrößen sind unter Berücksichtigung einer generischen Windrichtungsverteilung <sup>3</sup>10,00 m/s und <sup>4</sup>8,50 m/s.



**Tab. 26: Zertifizierte/angestrebte Auslegungsbedingungen, turmspezifisch (3)**

	<b>E-115 EP3 E3- HST-149-FB-C-01</b>	<b>E-115 EP3 E3- HT-135-ES-C-01</b>	
<b>Merkmal</b>	<b>Wert</b>	<b>Wert</b>	<b>Einheit</b>
Windklasse (IEC 3rd Edition) <sup>1</sup>	S	II	
Turbulenzkategorie (IEC 3rd Edition)	A	A	
Windzone (DIBt 2012) / Geländekategorie <sup>2</sup>	WZ 3 / GK I und II	WZ 3 / GK I und II	
50-Jahres-Extremwindgeschwindigkeit in Nabenhöhe (10-min-Mittelwert) (IEC 3rd Edition)	42,50	42,50	m/s
entspricht einem Lastäquivalent von circa (3-s-Böe)	59,50	59,50	m/s
50-Jahres-Extremwindgeschwindigkeit in Nabenhöhe (10-min-Mittelwert) (DIBt 2012)	43,84	43,33	m/s
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (IEC 3rd Edition) <sup>1</sup>	7,90 <sup>3</sup>	8,50	m/s
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (DIBt 2012)	7,90	8,50	m/s
Windgradient	0,0 bis 0,3	0,0 bis 0,3	

<sup>1</sup> typenschildrelevant

<sup>2</sup> WZ: Windzone; GK: Geländekategorie (terrain category)

<sup>3</sup> Obwohl die Turmkonfiguration für eine verringerte mittlere Windgeschwindigkeit ausgelegt ist, kann die Standorteignung mittels Lastrechnung abhängig von den Standortbedingungen für höhere mittlere Windgeschwindigkeiten nachgewiesen werden. Die Design-Zielgrößen sind unter Berücksichtigung einer generischen Windrichtungsverteilung 8,50 m/s.

## 13.8 Typenschild

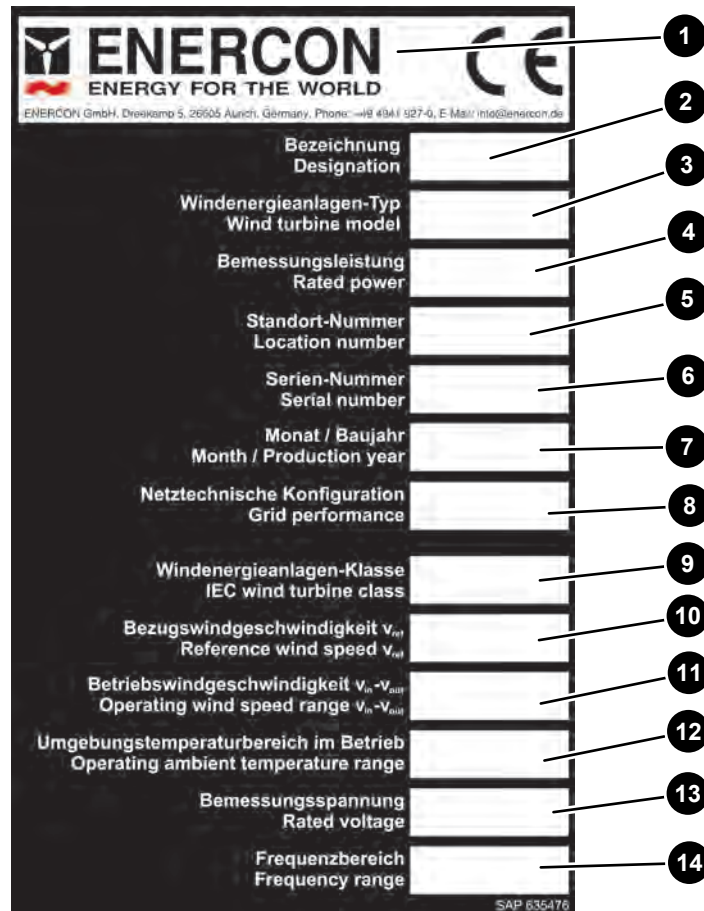
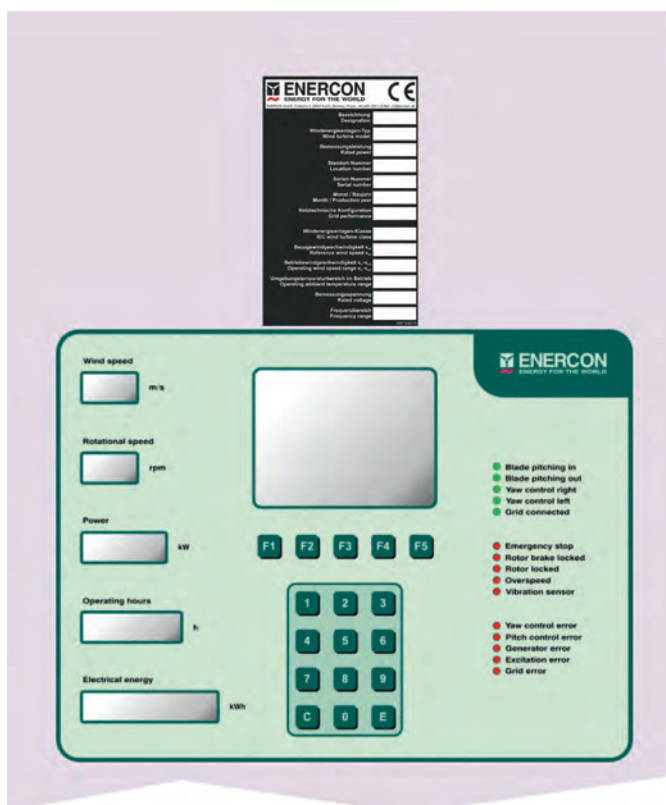


Abb. 66: Muster des Typenschilds der Windenergieanlage

1	Name und Adresse des Herstellers	2	Produktbezeichnung
3	Bezeichnung des Windenergieanlagentyps	4	Nennleistung der Windenergieanlage
5	Standort-Nr. der Windenergieanlage innerhalb des Windparks	6	Serien-Nr. der Windenergieanlage
7	Monat und Jahr der Inbetriebnahme	8	Konfiguration der Netzeigenschaften
9	IEC-Windklasse	10	Bezugswindgeschwindigkeit auf Nabenhöhe nach IEC
11	Betriebswindgeschwindigkeitsbereich	12	Betriebstemperaturbereich
13	Nennspannung auf Niederspannungsseite	14	Frequenzschutz Windenergieanlage: Netzunterfrequenz- und Netzüberfrequenzgrenze



**Abb. 67: Position des Typenschilds**

Das Typenschild befindet sich am Steuerschrank oberhalb des Anlagendisplays.





