



Betriebsanleitung

Beschreibung und Bedienung

ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E3

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

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

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

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

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

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

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

Dokumentinformation

Dokument-ID	D02415262/2.1-de		
Vermerk	Originalbetriebsanleitung		
Datum	Sprache	DCC	Werk / Abteilung
2022-01-17	de	DC	WRD 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	Operation of electrical installations – Part 1: General requirements
IEC 61400-1:2005+A1:2010	Wind turbines – Part 1: Design requirements

Zugehörige Dokumente

Dokument-ID	Dokument
D0190917	Technische Beschreibung ENERCON SCADA System
D0217730	Gebrauchsanleitung Steigschutzsystem Skylotec Skytac Speed
D0226958	Gebrauchsanleitung Steigschutzsystem Bornack Railstop RS-S05 CSA
D02344880	Montage-, Gebrauchs- und Instandhaltungsanleitung Zweiholmleiter LMB
D02382248	Technische Beschreibung Beschilderung E-160 EP5 E3
D02399222	Technische Beschreibung Wassergefährdende Stoffe E-160 EP5 E3
D02409743	Technical description Anchorage points E-160 EP5 E3 (Technische Beschreibung Anschlagpunkte E-160 EP5 E3)
D02437020	Betriebsanleitung Star Liftket Elektrokettenzüge
D0245140	Gebrauchsanleitung Steigschutzsystem Bornack Railstop RS-S05
D02467708	Betriebsanleitung TOPlift L+ edition
D02548550	Gebrauchsanleitung Steigschutzsystem Climbttec CT-02
D0376121	EG-/EU-Konformitätserklärung für die Windenergieanlage
D0464436	Verfahrensanleitung Aufstellung von Warnschildern bei Eiswurf
D0648865	Technisches Datenblatt Installationsorte der Feuerlöscher
D0701831	Technisches Datenblatt Installationsorte der Rauchschalter
D0734076	Technische Beschreibung Wölfel-Eisansatzerkennung

Dokument-ID	Dokument
D0754506	Bedienungsanleitung G-servicelift GWB-300-L
D0788324	Wartungsplan ENERCON Windenergieanlagen
D0817813	Datenblatt 3M Lad-Saf X2 Detachable Cable Sleeve
D0819725	Gebrauchsanleitung Steigschutzsystem Bornack Railstop RS-S06
D0827984	Technische Beschreibung Eisansatzerkennung EP5
D0969220	Montage- und Betriebsanleitung Hailo Aluminiumsteigleiter 72x25 60x25
D0974730	Gebrauchsanleitung Steigschutzsystem Bornack Railstop RS-S06 CSA
D0998452	Produktbeschreibung LMB-Fangschiene Tr280 mit HAILO-Leiter 72x25

Inhaltsverzeichnis

1	Zu diesem Dokument	10
1.1	Zielgruppen und Zweck	10
1.2	Hinweise zur Textgestaltung	11
1.3	Kontaktdaten	12
2	Produktübersicht	13
3	Sicherheit	14
3.1	Sicherheitsbezogene Informationen	14
3.1.1	Gefahrenstufen in Warnhinweisen	14
3.1.2	Piktogramme in Warnhinweisen	15
3.2	Bestimmungsgemäße Verwendung	15
3.3	Verantwortung des Betreibers	16
3.4	Gefahrenbereich	20
3.5	Personalanforderungen	21
3.5.1	Zulässige Personen	21
3.5.2	Unzulässige Personen	21
3.5.3	Qualifikationsstufen	22
3.5.4	Erforderliche Schulungen	23
3.6	Persönliche Schutzausrüstung	23
3.6.1	Aufgaben des Betreibers	23
3.6.2	Stets erforderliche persönliche Schutzausrüstung	23
3.6.3	Situationsabhängig erforderliche persönliche Schutzausrüstung	24
3.6.4	Beispiel für eine persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz	24
3.7	Gefahren in und an der Windenergieanlage	25
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	29
3.7.5	Gefahren im Turm, Turmfuß und Fundament	31
3.7.6	Gefahren bei Benutzung der Sicherheitssteigleiter	31
3.7.7	Gefahren bei Benutzung der Aufstiegshilfe	33
3.7.8	Gefahren im Maschinenhaus	35
3.7.9	Gefahren bei Benutzung des Krans Gondel	36
3.7.10	Gefahren im Zusammenhang mit der Rotorarretierung	37
3.7.11	Gefahren im Rotorkopf	38
3.7.12	Gefahren auf dem Gondeldach	39
3.8	Anschlagpunkte zur Personensicherung	39
3.9	Sicherheitsbeschilderung	39
3.10	Sicheres Verhalten	40

3.10.1	Grundregeln	40
3.10.2	Verhalten bei Unfällen	40
3.10.3	Verhalten bei Feuer	40
3.10.4	Verhalten bei Sturm und Gewitter	41
3.10.5	Verhalten bei Überdrehzahl des Rotors	41
3.11	Sicherheitseinrichtungen	42
3.11.1	Hauptschalter	42
3.11.1.1	Hauptschalter in der Gondel	42
3.11.1.2	Hauptschalter im Turm	43
3.11.2	Not-Halt-Taster	43
3.11.3	Transformator-Not-Aus-Taster	44
3.11.4	Sicherheitstürschloss der Turmeingangstür	45
3.11.5	Einhausung Transformator	45
3.11.6	Elektrisches Zuhaltetesystem	45
3.11.7	Notabschaltung der Mittelspannungsschaltanlage	46
3.11.8	Explosionsschutz der Mittelspannungsschaltanlage	46
3.11.9	Feuerlöscher	47
3.11.10	Rauchschalter	47
3.11.11	Verbandkasten	47
3.11.12	Rettungsgerät	47
3.11.13	Warnsignale	48
4	Baugruppen	49
4.1	Übersicht	49
4.2	Rotorblatt	50
4.3	Gondel	51
4.3.1	Komponenten im Rotorkopf (1)	52
4.3.2	Komponenten im Rotorkopf (2)	53
4.3.3	Komponenten im Generator	54
4.3.4	Komponenten am Dachmodul	55
4.3.5	Komponenten im Maschinenhaus (1)	56
4.3.6	Komponenten im Maschinenhaus (2)	58
4.3.7	Komponenten im Maschinenhaus (3)	60
4.3.8	Komponenten im Maschinenhaus (4)	62
4.3.9	Komponenten im Maschinenhaus (5)	63
4.3.10	Komponenten im Maschinenhaus (6)	64
4.3.11	Komponenten der Rotorarretierung	65
4.4	Turm	66
4.4.1	Komponenten im Turm	67
4.4.2	Komponenten in der Tower Base Control Unit	69
5	Bedien- und Anzeigeelemente	70

5.1	Tower Control Panel	70
5.2	Tower Control Box	72
5.3	Steuerschrank Transformator Turmfuß	74
5.4	Beleuchtungszentrale Turmfuß	76
5.5	Cooling Control Box	77
5.6	Nacelle Control Box	78
5.7	Steuerschrank Transformator Gondel	81
5.8	Beleuchtungszentrale Gondel	82
5.9	Auxiliary Power Distribution Box	83
5.10	Rotor Control Box und Rotor Energy Storage Box	85
5.11	Notbedienteil Aufstiegshilfe	87
5.12	Anlagendisplay	88
6	Betrieb und Funktionen	90
6.1	Stromerzeugung und -aufbereitung	90
6.2	Stromversorgung für den Eigenbedarf	90
6.3	Betriebsarten	91
6.4	Elektrische Konfiguration mit FACTS-Eigenschaften	92
6.5	Anlagenüberwachung	93
6.6	Fernüberwachung	94
6.7	Rotorblattverstellung	95
6.8	Windnachführung	96
6.9	Kabelentdrillung	96
6.10	Beleuchtung	96
6.11	Erwärmung elektrischer Komponenten	97
6.12	Kühlung der Mittelspannungskomponenten und der Leistungselektronik	98
6.13	Generatorkühlung	99
6.14	Eisansatzerkennung	99
6.14.1	Eisansatzerkennung Wölfel	99
6.15	Gondelpositionierung bei Eisansatz	100
6.16	Ausrüstung für extremes Klima	100
6.17	Brandschutzsystem	100
6.17.1	Technischer Brandschutz	101
6.17.2	Organisatorischer Brandschutz	102
6.17.3	Brandbekämpfung durch die Feuerwehr	102
6.18	Blitzschutzsystem	103
6.19	Schalloptimierung	103
6.20	Schattenabschaltung	103
6.21	Befuerung und farbliche Kennzeichnung	104
6.21.1	Befuerung	104
6.21.2	Farbliche Kennzeichnung	104
6.22	Sektor-Management	105

6.23	Sturmregelung	105
7	Bedienung	106
7.1	Bedienung vorbereiten	106
7.2	Windnachführung bedienen	107
7.3	Windenergieanlage starten	108
7.4	Windenergieanlage anhalten	110
7.5	Rotorblätter in den Wind drehen	111
7.6	Rotorblätter aus dem Wind drehen	111
7.7	Störmeldung quittieren	112
7.8	Rotorarretierung setzen und Zugang zum Rotorkopf freigeben	114
7.9	Rotorarretierung lösen	118
7.10	Kran Gondel bedienen	121
7.10.1	Material und Werkzeug in die Gondel transportieren	122
7.10.2	Material und Werkzeug aus der Gondel transportieren	124
7.11	Bedienung abschließen	125
8	Begehung	127
8.1	Windenergieanlage betreten und vorbereitende Tätigkeiten durchführen	127
8.2	Sicherheitssteigleiter benutzen	129
8.3	Aufstiegshilfe benutzen	132
8.4	Gondel betreten und verlassen	134
8.5	Rotorkopf betreten und verlassen	134
8.6	Gondeldach betreten und verlassen	135
8.7	Abschließende Tätigkeiten durchführen und Windenergieanlage verlassen	136
9	Wartung	140
10	Reparatur, Nachrüstung und Austausch von Teilen	141
11	Betriebsstörungen und Fehlerbehebung	142
12	Außerbetriebnahme, Demontage und Entsorgung	143
13	Technische Daten	144
13.1	Allgemeine Daten	144
13.2	Betriebsdaten	145
13.3	Gondeldaten	146
13.4	Rotor- und Rotorblattverstellungsdaten	146
13.5	Generatordaten	147
13.6	Turmdaten	147
13.7	Auslegungsbedingungen	148
13.8	Typenschild	151

Abkürzungsverzeichnis

DNV GL	Det Norske Veritas Germanischer Lloyd SE
EPK	ENERCON PartnerKonzept
FACTS	Flexible Alternating Current Transmission System (Flexibles Wechselstrom-Übertragungssystem)
FRT	Fault Ride Through (Durchfahren eines Netzfehlers)
FT	FACTS Transmission (elektrische Konfiguration mit FACTS-Eigenschaften)
FTQ	FACTS Transmission mit Option Q+ (elektrische Konfiguration mit erweitertem Blindleistungstellbereich)
FTQS	FACTS Transmission mit Option Q+ und STATCOM-Option (elektrische Konfiguration mit erweitertem Blindleistungstellbereich und STATCOM-Option)
FTS	FACTS Transmission mit STATCOM-Option (elektrische Konfiguration mit STATCOM-Option)
IEC	International Electrotechnical Commission (Internationale Elektrotechnische Kommission)
LPL	Lightning protection level (Blitzschutzklasse)
MPT	Manual Pitch Tool
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition (überwachende Steuerung und Datenerfassung)
SIP	Service Info Portal
STATCOM	Static compensator (statischer Kompensator)

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 Stationsordner. Dieser befindet sich im Turmfuß.

Weitere Dokumente Dieses Herstellerdokument ist Teil einer komplexen Menge an Informationen. 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* sind 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 wird 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, der die übergeordnete Verantwortung für den sicheren Betrieb hat

- Personen, die vom Eigentümer oder Betreiber dazu autorisiert sind, die Windenergieanlage zu betreten, in die verschiedenen Bereiche zu gelangen sowie die Windenergieanlage zu bedienen

Zweck Dieses Dokument dient folgenden Zwecken:

- Grundlegende Funktionen der Windenergieanlage verstehen
- Gefahren verstehen und vermeiden
- Komponenten und ihre Einbauorte in der Windenergieanlage identifizieren
- In die verschiedenen Bereiche der Windenergieanlage gelangen, 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

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

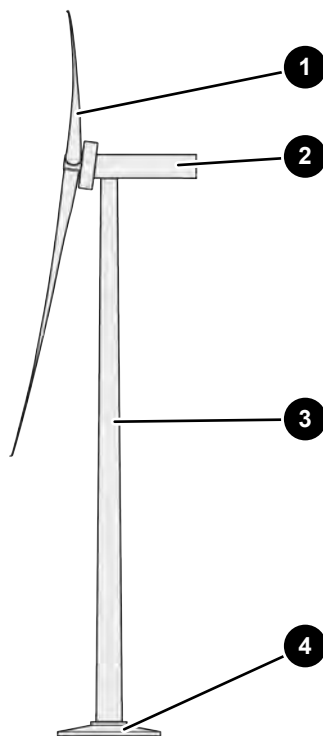


Abb. 1: Windenergieanlage

1	Rotorblatt	2	Gondel
3	Turm	4	Fundament

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, aus der drehbaren Gondel mit verstellbaren Rotorblättern und aus elektrischen Komponenten zur Erzeugung und Aufbereitung der elektrischen Energie.

3 Sicherheit

3.1 Sicherheitsbezogene Informationen

Sicherheitsbezogene Informationen werden wie folgt eingeteilt:

Sicherheitshinweise Die gesamten Inhalte von Kap. 3, S. 14 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.

Warnhinweise 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.

Sicherheitsbeschilderung An der Windenergieanlage sind Schilder angebracht, die vor Gefahren warnen und Hinweise zum richtigen Verhalten geben. Weitere Informationen sind im Dokument D02382248 „Technische Beschreibung Beschilderung E-160 EP5 E3“ zu finden.

3.1.1 Gefahrenstufen in Warnhinweisen

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

	GEFAHR ... weist auf eine unmittelbar gefährliche Situation hin, die zum Tod oder zu schweren Verletzungen führt, wenn sie nicht gemieden wird.
	WARNUNG ... weist auf eine möglicherweise gefährliche Situation hin, die zum Tod oder zu schweren Verletzungen führen kann, wenn sie nicht gemieden wird.
	VORSICHT ... weist auf eine möglicherweise gefährliche Situation hin, die zu geringfügigen oder leichten Verletzungen führen kann, wenn sie nicht gemieden wird.
	ACHTUNG ... 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 gefährlicher elektrischer Spannung



Warnung vor Hindernissen am Boden



Warnung vor Handverletzungen



Warnung vor Quetschgefahr

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 60204-1:2018.

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, sodass diese unwirksam sind
- falscher Umgang mit Sicherheitseinrichtungen, sodass diese unwirksam sind
- eigenmächtige Ein- und Umbauten, die die Sicherheit negativ beeinflussen
- Einsatz nicht zugelassener Hilfs-, Betriebs- und Schmierstoffe
- Verwendung von 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

Der Betreiber im Sinne dieses Dokuments hat die übergeordnete Verantwortung für den sicheren Betrieb der Windenergieanlage. Aus dieser übergeordneten Verantwortung ergeben sich Betreiberpflichten, die in diesem Abschnitt erläutert werden. ENERCON kann den Betreiber bei der Erfüllung der Betreiberpflichten unterstützen.

Arbeitssicherheit gewährleisten

Wenn die Windenergieanlage gewerblich eingesetzt wird, unterliegt der Betreiber in seiner Rolle als Arbeitgeber den geltenden Regelungen zum Arbeitsschutz, um Arbeitssicherheit zu gewährleisten.

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.

Bei der Übergabe der Windenergieanlage an den Betreiber befindet sich die Betriebsanleitung im Stationsordner. Dieser befindet sich im Turmfuß. Der Betreiber ist dafür verantwortlich, dass der Stationsordner mit der Betriebsanleitung jederzeit vollständig und in gut lesbarem Zustand in der Windenergieanlage vorhanden ist. 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 Regelungen zum Arbeitsschutz informieren, um Arbeitssicherheit zu gewährleisten. Außerdem muss der Betreiber 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.

Einwandfreien Zustand sicherstellen

Der Betreiber ist dafür verantwortlich, dass die Windenergieanlage stets in einwandfreiem Zustand ist. Dabei kann ENERCON den Betreiber gerne unterstützen.

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 Eiswurf/Eisfall durchführen	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 <i>Mitgeltende Dokumente</i> aufgeführt.
Sicherheitseinrichtungen überprüfen	<p>Der Betreiber muss alle Sicherheitseinrichtungen regelmäßig auf Funktionsfähigkeit und Vollständigkeit überprüfen oder vom ENERCON Service überprüfen lassen.</p> <p>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.</p> <p>Werden elektrische Komponenten der Sicherheitseinrichtungen vor dieser Zeit ausgetauscht, ist der Austausch dauerhaft (bis zum Lebensdauerende der Windenergieanlage) zu dokumentieren.</p>
Wartungen durchführen und Tätigkeiten protokollieren	<p>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:</p> <p>Windenergieanlagenbezogene Angaben</p> <ul style="list-style-type: none">■ Standort und Betreiber■ Hersteller, Typ und Seriennummer■ Seriennummern von Rotorblättern, Generator und Turm■ Gesamtbetriebsstunden und erzeugte Energie <p>Tätigkeitsbezogene Angaben</p> <ul style="list-style-type: none">■ 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 Schutzausrüstung 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 Befeuerungsausfall beachten	Der Betreiber muss einen Ausfall der Hindernis- oder Gefahrenbefeuerung unverzüglich der zuständigen Luftfahrtstelle (z. B. der Deutschen Flugsicherung) melden.
Feuerlöscher prüfen	Der Betreiber muss die Funktionsfähigkeit der Feuerlöscher in der Windenergieanlage regelmäßig prüfen lassen. Dabei sind die geltenden lokalen Vorschriften zu beachten.
Schilder erneuern	Der Betreiber muss alle Schilder oder Aufkleber, die sich in schlecht lesbarem Zustand befinden oder abhandengekommen sind, umgehend erneuern. Dies gilt insbesondere für die Sicherheitsbeschilderung.
Arbeitsräume und Rettungswege freihalten	Der Betreiber muss die Arbeitsräume und Rettungswege frei und in einwandfreiem Zustand halten.

3.4 Gefahrenbereich

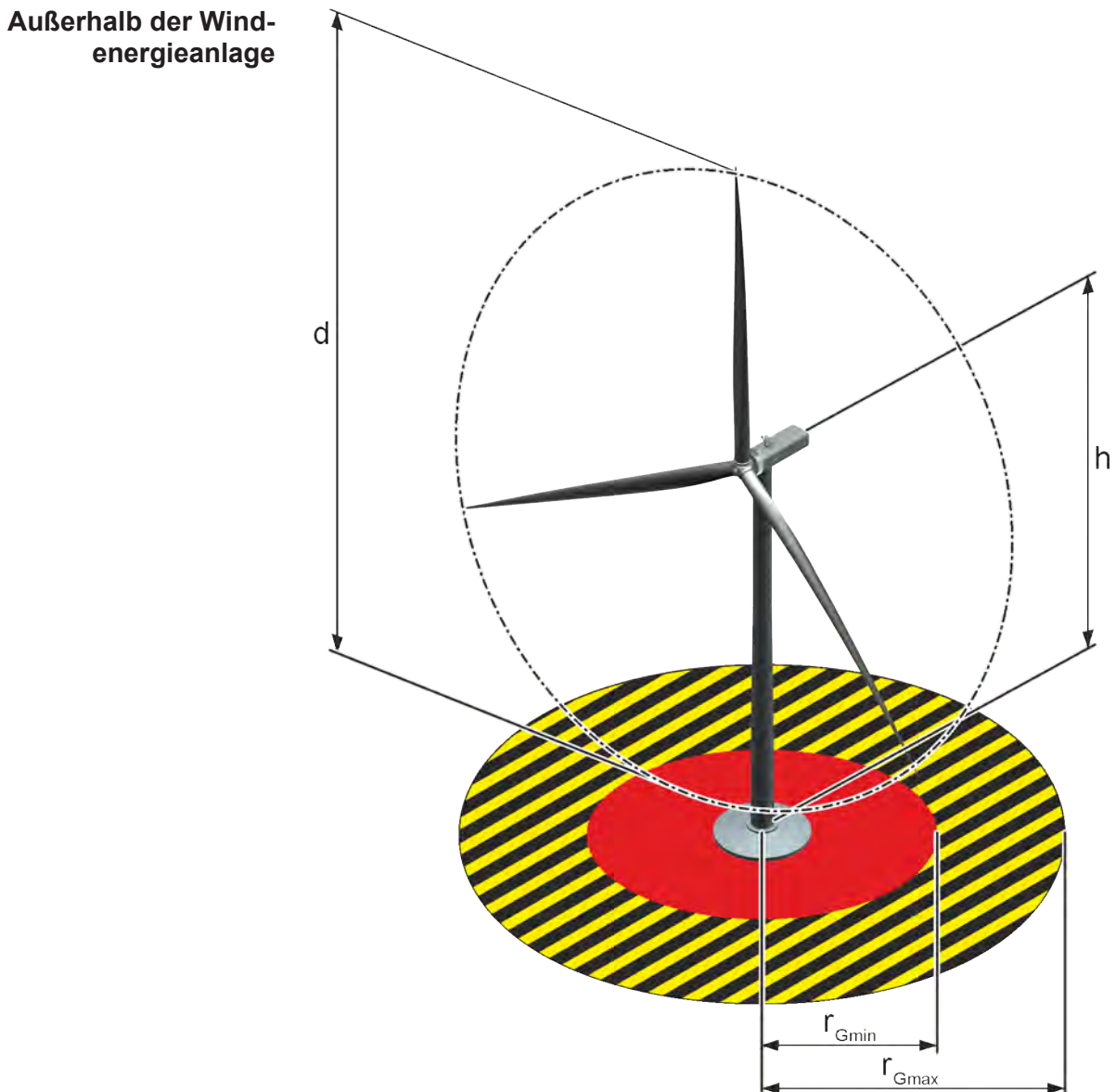


Abb. 2: Gefahrenbereich außerhalb der Windenergieanlage

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:

$$r_{\text{Gmin}} = 0,5 \times d.$$

Die Formel ist hergeleitet aus Erfahrungswerten für die mögliche Fallweite von Teilen, z. B. herunterfallenden Gegenständen.

- 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 Rotordurchmesser und der Nabenhöhe nach folgender Formel:

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

Die Formel ist hergeleitet aus Erfahrungswerten 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 für die auszuführenden Tätigkeiten 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, die aktive Medizinprodukte mitführen, z. B. einen Herzschrittmacher oder eine 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 alle erforderlichen Kenntnisse und Fähigkeiten haben, um die Windenergieanlage sicher zu betreten, in die verschiedenen Bereiche zu gelangen sowie die Windenergieanlage sicher zu bedienen, soweit 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. Schaltschränke dürfen nur von Personen der Qualifikationsstufe C geöffnet werden.

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 nötig.		X	X
Die Person ist aufgrund der fachlichen Ausbildung, der Kenntnisse und Erfahrungen in der Lage, die Windenergieanlage sicher zu betreten, in die verschiedenen Bereiche zu gelangen sowie		X	X

Merkmale	A	B	C
die Windenergieanlage sicher zu bedienen. Die Person kann mögliche Gefahren dabei selbstständig erkennen und vermeiden.			
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 darf beispielsweise Schaltschränke öffnen, um 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 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 Benutzer regelmäßig schulen.
 - Die Benutzer 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 Anschlagen 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.

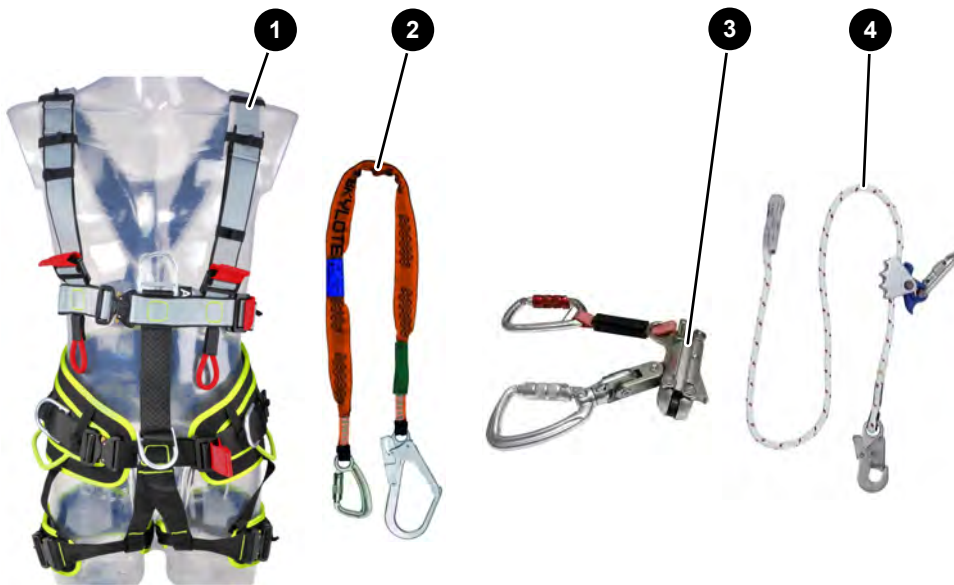


Abb. 3: Beispiel für eine persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz

1	Auffanggurt	2	Verbindungsmittel mit Bandfalldämpfer
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 Bandfalldämpfer Die Bandfalldämpfer 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.

- ⇒ Bei Absturzgefahr immer die persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz benutzen. Dies gilt beispielsweise auch beim Benutzen der Aufstiegshilfe.
- ⇒ 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 und Stoßgefahr entstehen. Es kann außerdem zu erhöhten körperlichen Belastungen und erhöhten elektrischen Gefährdungen kommen.

- ⇒ 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 Kopfschutz tragen.
- ⇒ Werkzeuge, Materialien, Schlüssel und andere lose Gegenstände in reißfesten, eng anliegenden Umhängetaschen transportieren und gegen Herausfallen sichern.
- ⇒ Luken nach dem Durchstieg wieder schließen.
- ⇒ Größere Werkzeuge und Materialien mit dem Kran Gondel oder mit der Aufstiegshilfe transportieren.
- ⇒ Lasten beim Transport mit dem Kran Gondel mit einem Führungsseil sichern. Dabei ausreichenden Abstand zum Turm halten.
- ⇒ Wenn mehrere Personen die Sicherheitssteigleiter benutzen, geringen Abstand zueinander einhalten, sodass versehentlich herabfallende Gegenstände möglichst wenig Geschwindigkeit aufnehmen können.
- ⇒ Alternativ so lange warten, bis versehentlich herabfallende Gegenstände keine Gefahr für Personen unterhalb sind.
- ⇒ Nicht im Bereich 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.

Ecken und Kanten

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

- ⇒ Beim Arbeiten in der Nähe von Ecken und Kanten besonders umsichtig vorgehen und schnelle Bewegungen vermeiden.
- ⇒ Beim Benutzen der Sicherheitssteigleiter Schutzhandschuhe tragen.
- ⇒ Generell nach Bedarf Schutzhandschuhe tragen.

Elektrischer Strom

Das Berühren spannungsführender Bauteile kann schwere bis tödliche Verletzungen verursachen.

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

Nicht intakte Sicherheitseinrichtungen

Wenn die Sicherheitseinrichtungen nicht intakt sind, können schwere bis tödliche Verletzungen die Folge sein. Die Sicherheit ist nur bei intakten Sicherheitseinrichtungen gewährleistet.

- ⇒ Die Sicherheitseinrichtungen nicht außer Kraft setzen.
- ⇒ Sicherstellen, dass die Sicherheitseinrichtungen, wie z. B. 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.
- ⇒ Die Sicherheitseinrichtungen gemäß Wartungsanleitung prüfen lassen.

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, 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

Überschreitung der Wartungswindgeschwindigkeit

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

Bei Überschreitung der Wartungswindgeschwindigkeit von 23 m/s im 10-min-Mittelwert gilt:

- ⇒ Die Gondel verlassen und in den Turmfuß absteigen.
- ⇒ 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 Teilen der Windenergieanlage 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.

Eisfall und Eiswurf während der 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.

- ⇒ Einen manuellen Neustart während der Abtauzeit möglichst unterlassen.

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.

Weitere Informationen sind im Dokument D02399222 „Technische Beschreibung Wassergefährdende Stoffe E-160 EP5 E3“ zu finden.

Feuerlöscher

Bei der Benutzung von Feuerlöschern kann es zu Verletzungen durch Kälteeinwirkungen und durch eine erhöhte CO₂-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 CO₂-Feuerlöschern und zu Arbeiten in sauerstoffreduzierter Umgebung schulen.

Löschmittel des automatischen Löschsystems

Wenn Schaltschränke geöffnet werden, kann das automatische Löschesystem unabsichtlich ausgelöst werden. Das Löschmittel ist elektrisch leitend und kann mit spannungsführenden Teilen in Kontakt kommen. Bei Berührung des Löschmittels kann Lebensgefahr durch elektrischen Schlag bestehen. Bei Hautkontakt, Augenkontakt, Einatmen oder Verschlucken besteht die Gefahr von Gesundheitsschäden.

- ⇒ Schaltschränke dürfen nur von Personen der Qualifikationsstufe C nach Deaktivierung des automatischen Löschsystems geöffnet werden.

Weitere Informationen sind im Dokument D02399222 „Technische Beschreibung Wassergefährdende Stoffe E-160 EP5 E3“ zu finden.

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.

Kühlmittel des Kühlsystems für die Komponenten der Leistungselektronik

Aufgrund einer Leckage kann Kühlflüssigkeit aus dem Kühlsystem für die Komponenten der Leistungselektronik 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, wenn sie getrunken wird.

- ⇒ Ausgelaufene und verschüttete Kühlflüssigkeit sofort mit einem 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.

Weitere Informationen sind im Dokument D02399222 „Technische Beschreibung Wassergefährdende Stoffe E-160 EP5 E3“ zu finden.

3.7.5 Gefahren im Turm, Turmfuß und Fundament

Überlastung der Turmböden

Die maximale Belastung der Turmböden beträgt 300 kg/m². Bei Überlastung der Turmböden besteht Absturzgefahr.

- ⇒ Die maximale Belastung der Turmböden beachten.

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.

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 Grifflöchern fassen.
- ⇒ Bei geteilter Lukenklappe Finger von der Fuge zwischen den Klappenhälften fernhalten.
- ⇒ Lukenklappen vorsichtig öffnen und schließen.

Überanstrengung

Nur Personen, die gesund und körperlich fit sind, dürfen die Windenergieanlage betreten und die Sicherheitssteigleiter benutzen. Beim Aufstieg mit der Sicherheitssteigleiter kann es dennoch zu körperlicher Überanstrengung kommen.

- ⇒ Wenn möglich, die Aufstiegshilfe benutzen.
- ⇒ Das mitzuführende Gewicht minimieren.
- ⇒ Ausreichend Pausen machen.

Gleichzeitige Benutzung von Aufstiegshilfe und Sicherheitssteigleiter

Bei der gleichzeitigen Benutzung von Aufstiegshilfe und Sicherheitssteigleiter besteht Verletzungsgefahr an der Sicherheitssteigleiter. Die gleichzeitige Benutzung ist daher verboten.

- ⇒ Die Aufstiegshilfe nur benutzen, wenn sich niemand in der Sicherheitssteigleiter befindet.
- ⇒ Die Sicherheitssteigleiter nur benutzen, wenn die Aufstiegshilfe nicht in Benutzung ist.

Anschlagen von Rettungsausrüstung an der Sicherheitssteigleiter

Beim Anschlagen von Rettungsausrüstung an einer unzulässigen Stelle besteht Absturzgefahr.

- ⇒ Nur die zulässigen Anschlagpunkte zur Personensicherung verwenden.
- ⇒ Nur geschulte Personen dürfen die Sicherheitssteigleiter benutzen. Die Leiterrettung bei Schulungen berücksichtigen.

Weitere Informationen sind im Dokument D02409743 „Technical description Anchorage points E-160 EP5 E3“ (Technische Beschreibung Anschlagpunkte E-160 EP5 E3) zu finden.

Benutzen der Sicherheitssteigleiter ohne mitlaufendes Auffanggerät

Beim Benutzen der Sicherheitssteigleiter ohne mitlaufendes Auffanggerät besteht Absturzgefahr. Dies kann z. B. beim Verlassen der Aufstiegshilfe im Notfall erforderlich sein.

- ⇒ Beim Verlassen der Aufstiegshilfe im Notfall mit Bandfalldämpfern an der Sicherheitssteigleiter sichern. Durch wechselnden Einsatz der Bandfalldämpfer bis zur nächstgelegenen Leiterweiche steigen.

Blockierter Fluchtweg

In einer Gefahrensituation kann die Aufstiegshilfe den ersten Fluchtweg (die Sicherheitssteigleiter nach unten) blockieren. Dies ist der Fall, wenn sich Personen oberhalb der Aufstiegshilfe befinden. Die Aufstiegshilfe kann gemäß Herstellerdokumentation an den Zugangsclappen in Dach und Boden geöffnet und durchstiegen werden. Die Flucht wird dadurch zeitlich verzögert.

- ⇒ Nur geschulte Personen dürfen die Aufstiegshilfe und die Sicherheitssteigleiter benutzen.

- ⇒ Ein Flucht- und Rettungskonzept für die Aufstiegshilfe und die Sicherheitssteigleiter erstellen und schulen. Alle denkbaren Notfälle müssen abdeckt sein, beispielsweise auch die Rettung von bewusstlosen Personen.
- ⇒ Die Herstellerdokumentation der Aufstiegshilfe beachten.
- ⇒ Die persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz benutzen.
- ⇒ Ein Mobiltelefon oder Funkgerät mitführen.

Umsteigen von der Sicherheitssteigleiter auf einen Turmboden

Beim Umsteigen von der Sicherheitssteigleiter auf einen Turmboden und umgekehrt besteht Absturzgefahr, wenn die Person nicht gesichert ist.

- ⇒ Wenn möglich, die Aufstiegshilfe statt der Sicherheitssteigleiter benutzen.
- ⇒ Immer gegen Absturz sichern.

3.7.7 Gefahren bei Benutzung der Aufstiegshilfe

Neben den in diesem Kapitel genannten Gefahren muss die Betriebsanleitung der Aufstiegshilfe beachtet werden. Diese befindet sich in der Dokumententasche in der Aufstiegshilfe und ist unter *Mitgeltende Dokumente* aufgeführt.

Mängel

Bei Mängeln an der Aufstiegshilfe bestehen Gefahren für den Benutzer. Wenn ein Mangel zum Absturz der Aufstiegshilfe führt, besteht Lebensgefahr.

- ⇒ Die Aufstiegshilfe vor der Benutzung gemäß Herstellerdokumentation prüfen.
- ⇒ Wenn die Aufstiegshilfe Mängel aufweist, die Aufstiegshilfe für die Benutzung sperren. Eine eindeutige Kennzeichnung anbringen und die Reparatur veranlassen.
- ⇒ Die Aufstiegshilfe gemäß Herstellerdokumentation warten.

Gleichzeitige Benutzung von Aufstiegshilfe und Sicherheitssteigleiter

Bei der gleichzeitigen Benutzung von Aufstiegshilfe und Sicherheitssteigleiter besteht Verletzungsgefahr an der Sicherheitssteigleiter. Die gleichzeitige Benutzung ist daher verboten.

- ⇒ Die Aufstiegshilfe nur benutzen, wenn sich niemand in der Sicherheitssteigleiter befindet.
- ⇒ Die Sicherheitssteigleiter nur benutzen, wenn die Aufstiegshilfe nicht in Benutzung ist.

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.

- ⇒ Wenn es in der Gondel brennt, die Gondel über die Sicherheitssteigleiter in Richtung Turmfuß verlassen. Je nach Gefahrensituation kann zum Abstieg auch die Aufstiegshilfe benutzt werden.
- ⇒ Wenn es im Turmfuß oder im Turm brennt, über die Sicherheitssteigleiter in die Gondel aufsteigen und die Gondel mit dem Rettungsgerät durch die Kranluke verlassen.
- ⇒ Wenn ein Feuer während der Benutzung der Aufstiegshilfe im Turmfuß ausbricht, über die Sicherheitssteigleiter in die Gondel aufsteigen und die Gondel mit dem Rettungsgerät durch die Kranluke verlassen.

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.

Niedrige Temperaturen

Bei einer sehr niedrigen Turminnentemperatur kann die Funktionsfähigkeit von Bauteilen der Aufstiegshilfe eingeschränkt sein. Die Aufstiegshilfe kann abstürzen.

- ⇒ Bei einer sehr niedrigen Turminnentemperatur die Aufstiegshilfe nicht benutzen. Hierzu die Betriebsanleitung der Aufstiegshilfe beachten. Diese befindet sich in der Dokumententasche in der Aufstiegshilfe.

Blockierter Fluchtweg

In einer Gefahrensituation kann die Aufstiegshilfe den ersten Fluchtweg (die Sicherheitssteigleiter nach unten) blockieren. Dies ist der Fall, wenn sich Personen oberhalb der Aufstiegshilfe befinden. Die Aufstiegshilfe kann gemäß Herstellerdokumentation an den Zugangsclappen in Dach und Boden geöffnet und durchstiegen werden. Die Flucht wird dadurch zeitlich verzögert.

- ⇒ Nur geschulte Personen dürfen die Aufstiegshilfe und die Sicherheitssteigleiter benutzen.
- ⇒ Ein Flucht- und Rettungskonzept für die Aufstiegshilfe und die Sicherheitssteigleiter erstellen und schulen. Alle denkbaren Notfälle müssen abgedeckt sein, beispielsweise auch die Rettung von bewusstlosen Personen.

- ⇒ Die Herstellerdokumentation der Aufstiegshilfe beachten.
- ⇒ Die persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz benutzen.
- ⇒ Ein Mobiltelefon oder Funkgerät mitführen.

3.7.8 Gefahren im Maschinenhaus

Maschinenhausluke

Bei geöffneter Maschinenhausluke besteht Absturzgefahr.

- ⇒ Die Maschinenhausluke nach dem Durchstieg schließen.

Durchgang an den Azimutmotoren

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

- ⇒ Langsam und vorsichtig mit kurzen Schritten an den Azimutmotoren vorbeigehen.

Überlastung der begehbaren Flächen

Zu hohes Gewicht kann die begehbaren Flächen überlasten. Die Folge können Verletzungen und Sachschäden sein.

- ⇒ Die maximale Flächenbelastung von 300 kg/m² beachten.

Kühlmittel des Kühlsystems für die Komponenten der Leistungselektronik

Aufgrund einer Leckage kann Kühlflüssigkeit aus dem Kühlsystem für die Komponenten der Leistungselektronik 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, wenn sie getrunken wird.

- ⇒ Ausgelaufene und verschüttete Kühlflüssigkeit sofort mit einem 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.

Transformator

Der Transformator befindet sich in einer geschlossenen Einhausung. Innerhalb der Einhausung besteht die Gefahr eines Stromschlags. Die Einhausung des Transformators darf nur von Personen geöffnet werden, welche die Qualifikationsstufe C und zusätzlich eine Mittelspannungs-Schaltberechtigung haben.

- ⇒ Die Einhausung des Transformators nur mit der Qualifikationsstufe C und zusätzlicher Mittelspannungs-Schaltberechtigung öffnen, ansonsten geschlossen halten.

3.7.9 Gefahren bei Benutzung des Krans Gondel

Kranluke

Bei der Bedienung des Krans Gondel ist die Kranluke geöffnet. Beim Aufenthalt in der Nähe der Kranluke besteht Absturzgefahr.

- ⇒ Die persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz tragen und sich mit einem Bandfalldämpfer an einem Anschlagpunkt 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.

Schadhafter Zustand des Krans Gondel

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, an jedem Tag, an dem der Kran Gondel benutzt wird, prüfen.
- ⇒ Beim Ablassen und Aufwickeln eine Sichtprüfung der Kette durchführen.

Nichtbeachtung der 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 mit gesetzter Rotorarretierung benutzen.
- ⇒ 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° nicht überschreiten.
- ⇒ Die Endlagen des Krans Gondel langsam anfahren.

Benutzung des Krans Gondel

Bei der Benutzung des Krans Gondel 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.

Mangelhafte 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 Gondel besteht Verletzungsgefahr für Personen durch schwebende Lasten.

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

Fehlende Kommunikationsmittel

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

- ⇒ Funkgeräte oder eindeutige Sichtzeichen benutzen. Signale vorher vereinbaren, sodass jeder Beteiligte eindeutig weiß, was gemeint ist.
- ⇒ Der Bediener des Krans Gondel darf den Hebevorgang erst starten, wenn er vom Mitarbeiter am Boden das eindeutige Zeichen dazu bekommen hat.
- ⇒ Wenn der Bediener des Krans Gondel den Gefahrenbereich nicht voll einsehen kann (z. B. bei Dunkelheit), muss er den Mitarbeiter am Boden für die Einweisung verantwortlich machen.

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. Dies kann zu schweren Verletzungen oder zum Tod führen.

- ⇒ Wenn die Rotorarretierung oder das elektrische Zuhaltesystem nicht in Ordnung sind, das Setzen der Rotorarretierung abbrechen, den Rotorkopf nicht betreten und Reparatur veranlassen.
- ⇒ Nur bei arretiertem Rotor den Rotorkopf betreten.
- ⇒ Sicherstellen, dass alle Rotorarretierungsbolzen komplett gesetzt sind.
- ⇒ Vor dem Lösen der Rotorarretierung sicherstellen, dass sich niemand im Rotorkopf aufhält.

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

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 Notverstellung der Rotorblätter mit Aktivierung der Rotorhaltebremse aus, wie bei einem Not-Halt.

- ⇒ Die Rotorarretierung darf nur von Personen mit der Qualifikationsstufe B oder C bedient werden.

3.7.11 Gefahren im Rotorkopf

Die nachfolgenden Gefahren bestehen, wenn sich Personen in der Rotornabe aufhalten.

Nicht arretierter Rotor

Bei nicht oder unvollständig arretiertem Rotor oder defekter Rotorarretierung kann sich der Rotor in Bewegung setzen. Dadurch können Personen im Rotorkopf mitgedreht werden. Diese Personen können gequetscht oder herumgeschleudert werden. Dies kann zu schweren Verletzungen oder zum Tod führen.

- ⇒ Den Rotorkopf nur bei arretiertem Rotor betreten.
- ⇒ Vor dem Lösen der Rotorarretierung sicherstellen, dass sich niemand im Rotorkopf aufhält.

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.

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

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.

3.7.12 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.

Weitere Informationen sind im Dokument D02409743 „Technical description Anchorage points E-160 EP5 E3“ (Technische Beschreibung Anschlagpunkte E-160 EP5 E3) zu finden.

3.9 Sicherheitsbeschilderung

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

Weitere Informationen sind im Dokument D02382248 „Technische Beschreibung Beschilderung E-160 EP5 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 an der Nacelle Control Box beachten.
- Den Notfall-Ablaufplan an der Bedieneinheit neben der Turmeingangstür beachten.
- 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 betätigen.
2. Personen aus der Gefahrenzone retten.
3. Erste-Hilfe-Maßnahmen (Sofortmaßnahmen) einleiten, z. B. eine bedrohliche Blutung stillen.
4. Notruf absetzen.
5. Erste-Hilfe-Maßnahmen weiterführen.
6. 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 betätigen.
3. Wenn nötig, verletzte Personen aus der Gefahrenzone retten und Erste-Hilfe-Maßnahmen (Sofortmaßnahmen) einleiten, z. B. eine bedrohliche Blutung stillen.
4. Notruf absetzen.
5. Wenn die eigene Sicherheit und ein sicherer Fluchtweg gewährleistet sind, den Brand mit einem Feuerlöscher bekämpfen.

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

6. Die Windenergieanlage über den geeigneten Fluchtweg verlassen.
 - Wenn es in der Gondel brennt, die Gondel über die Sicherheitssteigleiter in Richtung Turmfuß verlassen. Je nach Gefahrensituation kann zum Abstieg auch die Aufstiegshilfe benutzt werden.
 - Wenn es im Turmfuß oder im Turm brennt, über die Sicherheitssteigleiter in die Gondel aufsteigen und die Gondel mit dem Rettungsgerät durch die Kranluke verlassen.
 - Wenn ein Feuer während der Benutzung der Aufstiegshilfe im Turmfuß ausbricht, in die Gondel aufsteigen. Wenn die Aufstiegshilfe nicht mehr funktioniert, die Sicherheitssteigleiter benutzen. Die Gondel mit dem Rettungsgerät durch die Kranluke verlassen.
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.

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

3. Alle Arbeiten oberhalb vom Turmfuß einstellen.
4. In den Turmfuß absteigen.
5. Die Windenergieanlage auf automatischen Betrieb stellen und starten.
6. Im Turmfuß auf Wetterberuhigung warten.
7. Erst nach Wetterberuhigung die Arbeiten fortsetzen.

3.10.5 Verhalten bei Überdrehzahl des Rotors

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

1. Einen Not-Halt-Taster betätigen.
2. Die Windenergieanlage und den Gefahrenbereich außerhalb der Windenergieanlage schnellstmöglich verlassen.
3. Den Gefahrenbereich außerhalb der Windenergieanlage gegen Zutritt sichern.
4. Den ENERCON Service informieren.

3.11 Sicherheitseinrichtungen

3.11.1 Hauptschalter



Abb. 4: Hauptschalter

3.11.1.1 Hauptschalter in der Gondel

Ausführung Bei den Hauptschaltern handelt es sich um abschließbare Drehschalter.

Einbauort Im Maschinenhaus befinden sich Hauptschalter an folgenden Positionen:

- Maschinenträger
- Nacelle Control Box
- Auxiliary Power Distribution Box
- Cooling Control Box
- Rotor Control Box 1
- Rotor Control Box 2
- Rotor Energy Storage Box 1
- Rotor Energy Storage Box 2
- Rotor Energy Storage Box 3

Funktion Mit dem Hauptschalter am Maschinenträger wird die Spannungsversorgung des Rotorkopfs unterbrochen. Dadurch wird die Notverstellung der Rotorblätter aktiviert.

Mit dem Hauptschalter an der Nacelle Control Box wird die Nacelle Control Box spannungsfrei geschaltet. Gleichzeitig wird die Spannungsversorgung des Rotorkopfs unterbrochen, wodurch die Notverstellung der Rotorblätter aktiviert wird.

Mit dem Hauptschalter an der Auxiliary Power Distribution Box wird die eigene Spannungsversorgung der Windenergieanlage unterbrochen.

Mit dem Hauptschalter an der Cooling Control Box werden folgende Komponenten spannungsfrei geschaltet:

- Bedieneinheit der Cooling Control Box
- Lüfter des Luftkühlsystems der Vollumrichter
- Pumpe des Flüssigkeitskühlsystems
- Heizung des Flüssigkeitskühlsystems

Mit dem Hauptschalter an den Rotor Control Boxen wird die Spannungsversorgung des jeweiligen Blattverstellmotors unterbrochen. Dadurch wird die Notverstellung der Rotorblätter aktiviert.

Mit dem Hauptschalter an den Rotor Energy Storage Boxen wird die Spannungsversorgung durch die Kondensatoren unterbrochen.

3.11.1.2 Hauptschalter im Turm

Ausführung	Bei den Hauptschaltern handelt es sich um abschließbare Drehschalter.
Einbauort	Im Turmfuß befinden sich Hauptschalter an folgenden Positionen: <ul style="list-style-type: none"> ■ Tower Control Box ■ Steuerschrank Transformator Turmfuß
Funktion	<p>Mit dem Hauptschalter an der Tower Control Box werden alle angeschlossenen Komponenten im Turmfuß und in der Gondel spannungsfrei geschaltet.</p> <p>Mit dem Hauptschalter am Steuerschrank Transformator Turmfuß wird der Steuerschrank Transformator Turmfuß aus- und eingeschaltet. Dadurch wird sichergestellt, dass bei Arbeiten am Transformator und an der Mittelspannungsschaltanlage kein Wiedereinschalten möglich ist.</p>

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 Rastfunktion.
Einbauort	Die Not-Halt-Taster befinden sich im Turmfuß, in der Gondel, im Rortkopf und an der Aufstiegshilfe.

- Die Not-Halt-Taster im Turmfuß befinden sich an den folgenden Positionen:
 - Tower Control Box
 - Tower Control Panel
- Die Not-Halt-Taster in der Gondel befinden sich an den folgenden Positionen:
 - Nacelle Control Box
 - Cooling Control Box
 - Rotor Control Box 1
 - Rotor Control Box 2
 - Rotor Control Box 3
- 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 Nach Betätigung des Not-Halt-Tasters an der Tower Control Box, dem Tower Control Panel, der Cooling Control Box oder der Nacelle Control Box wird ein Not-Halt ausgeführt. Die Spannungsversorgung der rotierenden Baugruppen in der Gondel (Azimutmotoren, Gondellüfter) wird unterbrochen und der Umrichter wird ausgeschaltet. Die Hauptversorgungsspannung der Sicherheitskette wird unterbrochen. Die Rotorblätter werden in die Fahnenstellung gebracht.

Die Aufstiegshilfe und das Beleuchtungssystem werden weiterhin mit Strom versorgt.

Das Betätigen des Not-Halt-Tasters an einer Rotor Control Box führt zu einer sofortigen Unterbrechung der Spannungsversorgung des Frequenzumrichters des Blattverstellantriebs des betreffenden Rotorblatts. Der Blattverstellantrieb des betroffenen Rotorblatts wird augenblicklich gestoppt. Es kann keine weitere Blattverstellung mehr stattfinden. Die 400-V-Versorgungsspannung des Rotorkopfs wird unterbrochen. Dadurch führen die Blattverstellantriebe der 2 anderen Rotorblätter eine Notverstellung der Rotorblätter durch.

3.11.3 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 in der Gondel in der Nähe des Transformators.

Funktion Bei Betätigung des Transformator-Not-Aus-Tasters erfolgt eine allseitige Energietrennung. Die Windenergieanlage wird durch die Notverstellung der Rotorblätter in einen sicheren Zustand gebracht.

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 Sicherheitstürschloss der Turmeingangstür

Ausführung	Beim Sicherheitstürschloss der Turmeingangstür handelt es sich um ein Panikschloss.
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.

3.11.5 Einhausung Transformator

Ausführung	Der Transformator ist mit einer Einhausung versehen. Die Einhausung Transformator besteht aus einzelnen Blechen, die um den Transformator herum montiert sind. Die Einhausung Transformator ist nicht begehrbar. Zu Wartungszwecken können die Bleche teilweise oder ganz demontiert werden.
Einbauort	Der Transformator mit seiner Einhausung befindet sich im hinteren Teil des Maschinenhauses.
Funktion	Die Einhausung Transformator dient als Berührungsschutz gegen elektrischen Schlag und als Immissionsschutz gegen elektromagnetische Strahlung bei einem Aufenthalt im Maschinenhaus.

3.11.6 Elektrisches Zuhaltesystem

Ausführung	Beim elektrischen Zuhaltesystem handelt es sich um ein elektromechanisches Verriegelungssystem.
Einbauort	Das elektrische Zuhaltesystem kommt an der Zugangstür zum Rotorkopf zum Einsatz.
Funktion	<p>Das elektrische Zuhaltesystem dient dem sicheren Zutritt zum Rotorkopf. Die elektromechanische Türverriegelung wird nur freigegeben, wenn sich alle 4 Rotorarretierungsbolzen in arretierter Position befinden.</p> <p>Im Not- oder Gefahrenfall kann die elektromechanische Türverriegelung mit einem speziellen Freigabeschlüssel rotorkopfseitig gelöst werden.</p>

3.11.7 Notabschaltung der Mittelspannungsschaltanlage

- Ausführung** Die Notabschaltung der Mittelspannungsschaltanlage erfolgt automatisch über den Steuerschrank Transformator Turmfuß oder den Steuerschrank Transformator Gondel.
- Einbauort** Der Steuerschrank Transformator Turmfuß befindet sich im Turmfuß der Windenergieanlage und der Steuerschrank Transformator Gondel befindet sich im Maschinenhaus der Windenergieanlage.
- Funktion** Der Steuerschrank Transformator Turmfuß oder der Steuerschrank Transformator Gondel schalten die Mittelspannungsschaltanlage bei den folgenden Ereignissen ab:
- bei Betätigung des Transformator-Not-Aus-Tasters
 - bei Erkennung eines Brands im Bereich des Maschinenträgers, im hinteren Teil der Gondel und im Bereich des Transformators
 - bei Auslösung des 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 die Steuerschranke 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 an den Steuerschranken Transformator angezeigt.

3.11.8 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 in der Tower Base Control Unit.
- 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.

3.11.9 Feuerlöscher

- Ausführung** Bei den Feuerlöschern in der Windenergieanlage handelt es sich um CO₂-Handfeuerlöscher.
- Einbauort** Die Feuerlöscher befinden sich in der Gondel und in der Tower Base Control Unit der Windenergieanlage. Weitere Informationen sind im Dokument D0648865 „Technisches Datenblatt Installationsorte der Feuerlöscher“ zu finden.
- Funktion** Die Feuerlöscher dienen zur Bekämpfung eines Entstehungsbrands in der Windenergieanlage durch anwesende Personen.

3.11.10 Rauchschalter

- Ausführung** Bei den Rauchschaltern in der Windenergieanlage handelt es sich um Rauchschalter mit einer optischen Raucherkenntung und einem zusätzlichen Temperaturfühler.
- Einbauort** Die Rauchschalter befinden sich im Maschinenhaus und in der Tower Base Control Unit. Weitere Informationen sind im Dokument D0701831 „Technisches Datenblatt Installationsorte der Rauchschalter“ zu finden.
- Funktion** Die Rauchschalter dienen der Erkennung eines Brands in der Windenergieanlage. Bei Erkennung von Rauch hält die Windenergieanlage an.

3.11.11 Verbandkasten

- Ausführung** Bei den Verbandkästen in der Windenergieanlage handelt es sich um Verbandkästen für Arbeitsplätze mit max. 10 Personen gemäß national geltenden Normen und Richtlinien.
- Einbauort** Verbandkästen befinden sich an folgenden Einbauorten:
- im Turmfuß neben der Turmeingangstür
 - in der Gondel neben der Durchstiegsöffnung zum Rotorkopf
- Funktion** Die Verbandkästen dienen zur Bereitstellung von Verbandmaterial, Heftpflastern etc. für die Durchführung von Erste-Hilfe-Maßnahmen bei verletzten Personen.

3.11.12 Rettungsgerät

- Ausführung** Bei dem Rettungsgerät in der Windenergieanlage handelt es sich um ein Gerät, mit dessen Hilfe ein Abseilen und Hochziehen möglich ist.

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, aus der Aufstiegshilfe oder aus der Sicherheitssteigleiter im Not- oder Gefahrenfall. Auch das Hochziehen von Personen ist möglich. Mithilfe des Rettungsgeräts können sich Personen aus dem Maschinenhaus abseilen, wenn der erste Rettungsweg (Abstieg im Turm) blockiert ist.

3.11.13 Warnsignale

Ausführung Die Warnsignale werden mithilfe von akustischen Signalgebern ausgegeben.

Einbauort Die Warnsignale werden an 2 Positionen ausgegeben:

- über einen akustischen Signalgeber auf der Nacelle Control Box.
- über einen akustischen Signalgeber auf der Tower Control Box.

Funktion Die Warnsignale dienen der Warnung von Personen im Not- und Gefahrenfall und bei unsicheren Betriebszuständen der Windenergieanlage.

4 Baugruppen

4.1 Übersicht

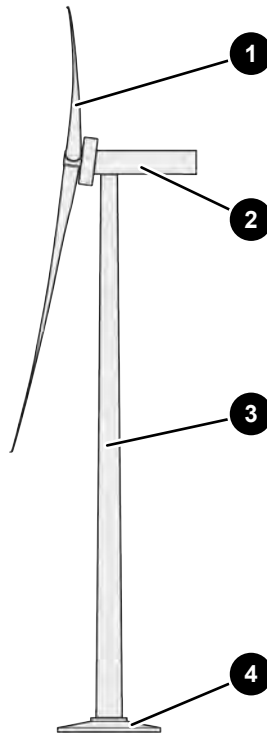


Abb. 6: Windenergieanlage

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

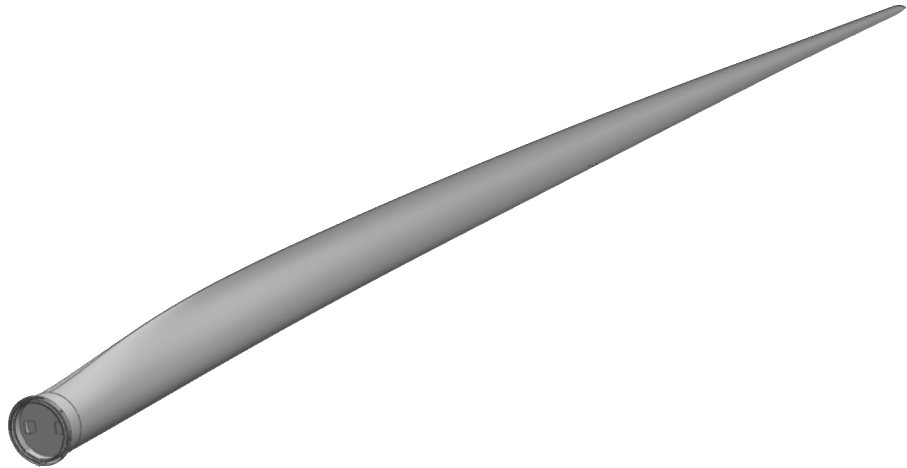


Abb. 7: Rotorblatt

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

Die Rotorblattoberfläche ist beschichtet. Die Beschichtung schützt vor Verschmutzung und anderen Umwelteinflüssen. Auf der Rotorblattoberfläche und an der Rotorblatthinterkante sind zusätzliche Bauteile angebracht, die die Luftströmung optimieren und so zu einer Leistungssteigerung oder einer geringeren Geräuschentwicklung führen. Auf der Rotorblattoberfläche sind dies Vortexgeneratoren und T-Spoiler. An der Rotorblatthinterkante ist dies ein Hinterkantenkamm.

4.3 Gondel

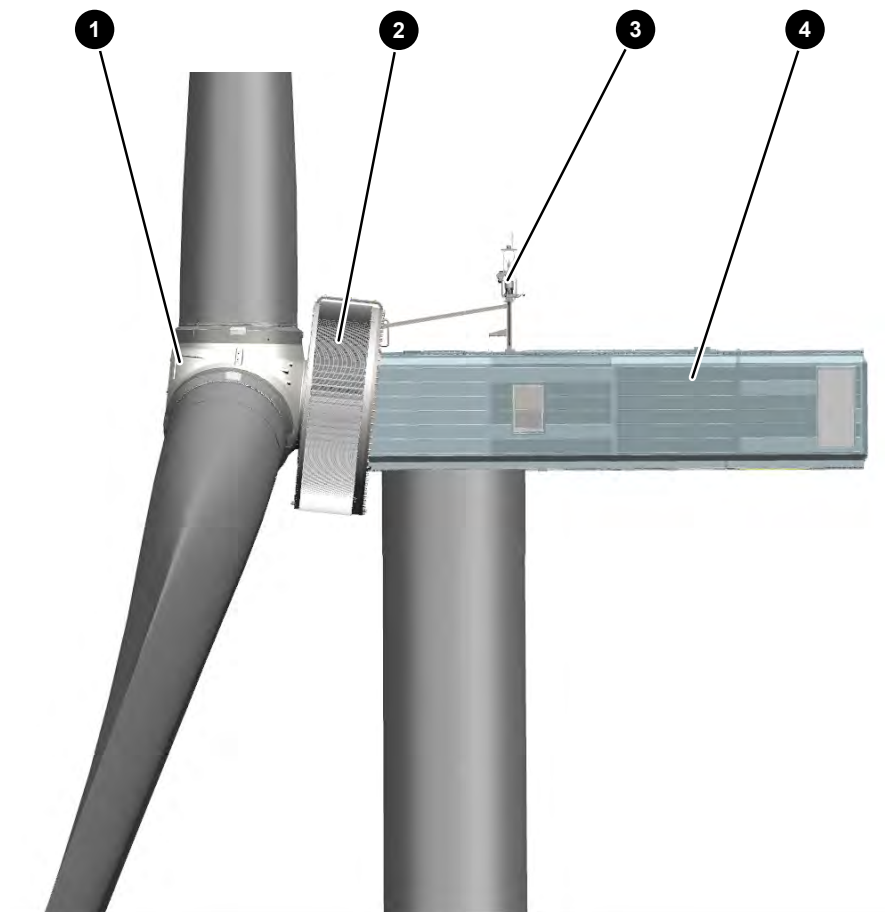


Abb. 8: Übersicht Gondel

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 direktgetriebener, permanenterregter Synchron-generator. 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)

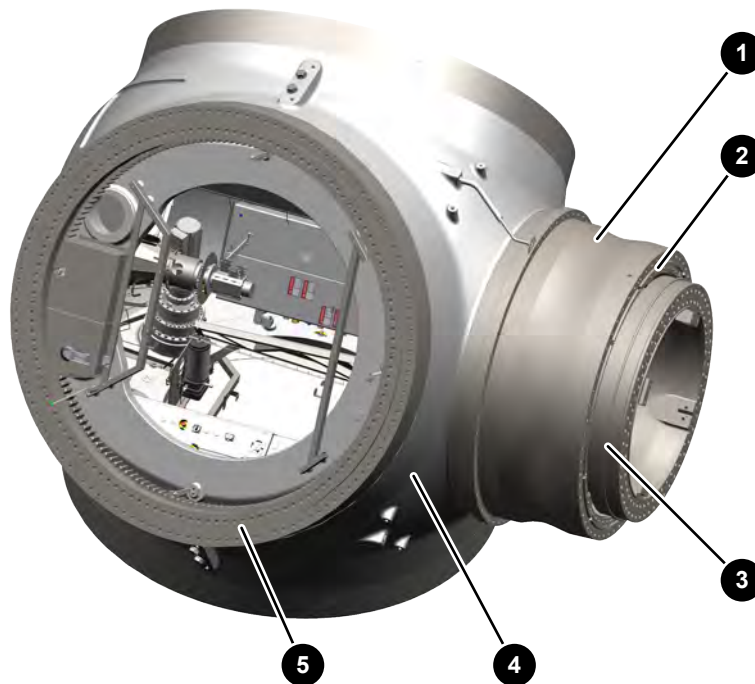


Abb. 9: Komponenten im Rotorkopf (1)

1	Lagergehäuse	2	Rotorlager
3	Lagerträger	4	Rotornabe
5	Blattflanschlager		

Lagergehäuse Das Lagergehäuse verbindet die Rotornabe mit dem Generator-Rotor. Das Lagergehäuse dreht sich auf den beiden Rotorlagern um den Lagerträger.

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

Lagerträger Der Lagerträger ist fest mit dem Generator-Stator verbunden. Auf dem Lagerträger dreht sich der Generator-Rotor mithilfe der Rotorlager.

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)

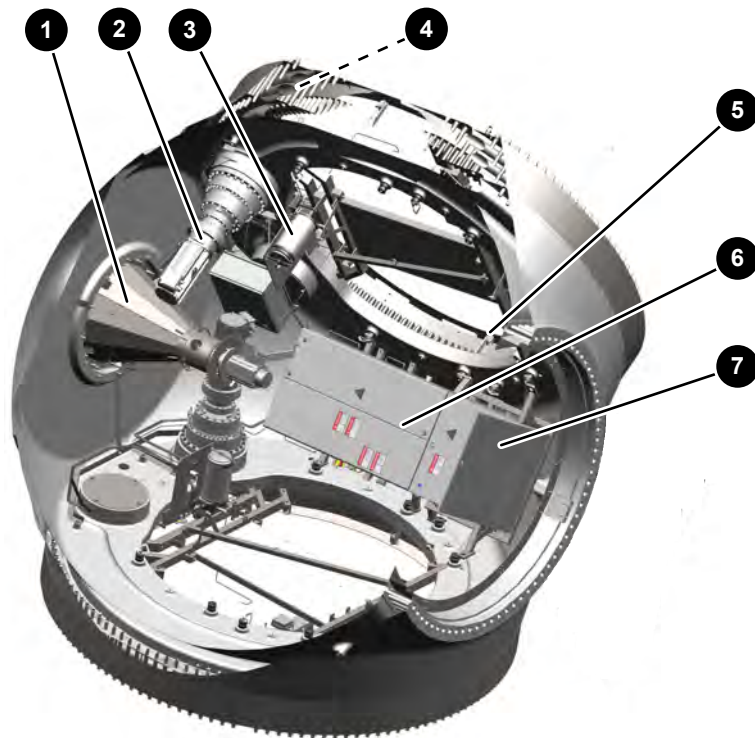


Abb. 10: Komponenten im Rotorkopf (2)

1	Schleifringübertrager	2	Blattverstellantrieb
3	Zentralschmiereinheit Blattflansch	4	Blattendschalter
5	Kohlebürste	6	Rotor Control Box
7	Rotor Energy Storage Box		

Schleifringübertrager

Der Schleifringübertrager überträgt über Schleifkontakte elektrische Energie und Daten zwischen dem feststehenden und dem rotierenden Teil der Gondel.

Blattverstellantrieb

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

Zentralschmiereinheit Blattflansch

Pro Rotorblatt gibt es an der Blattflanschlagerverzahnung ein Schmierritzel. Die Schmierritzel werden durch eine Zentralschmiereinheit Blattflansch versorgt. Eine weitere Zentralschmiereinheit Blattflansch versorgt die Lagerlaufbahnen der Blattflanschlager mit Schmierstoff.

Blattendschalter

Der Blattendschalter schaltet den Blattverstellantrieb ab, falls der Blattwinkel durch eine Störung die vorgegebenen Grenzen über- oder unterschreitet.

- Kohlebürste** Die Kohlebürste ist eine Komponente des Blitzschutzsystems. Der Blitzstrom wird über die Kohlebürste vom Rotorblatt zum Rotorkopf geleitet.
- Rotor Control Box** Die Rotor Control Boxen sind die Steuerschränke für die Komponenten im Rotorkopf.
- Rotor Energy Storage Box** Die Rotor Energy Storage Boxen enthalten die Notstromversorgungen für die Blattverstellantriebe. Der Strom wird in Kondensatoren gespeichert.

4.3.3 Komponenten im Generator

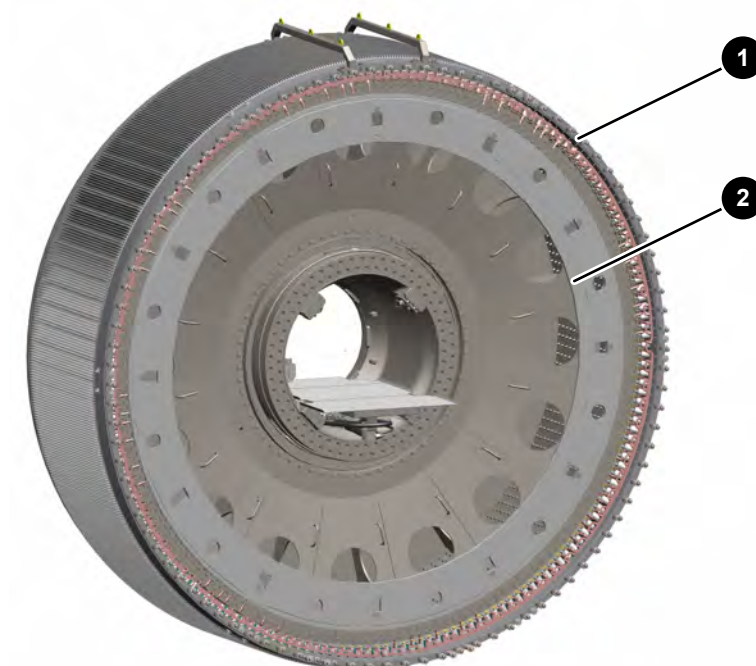


Abb. 11: Komponenten im Generator

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 die Statorgrundplatte mit dem Maschinenträger und dem Lagerträger verbunden. Die Statorgrundplatte dient zusätzlich als Träger für weitere Komponenten.
- Generator-Rotor** Der Generator-Rotor ist der drehende Teil des Generators. Im Generator-Rotor wird durch Permanentmagneten das für die Stromerzeugung notwendige Magnetfeld aufgebaut.

4.3.4 Komponenten am Dachmodul

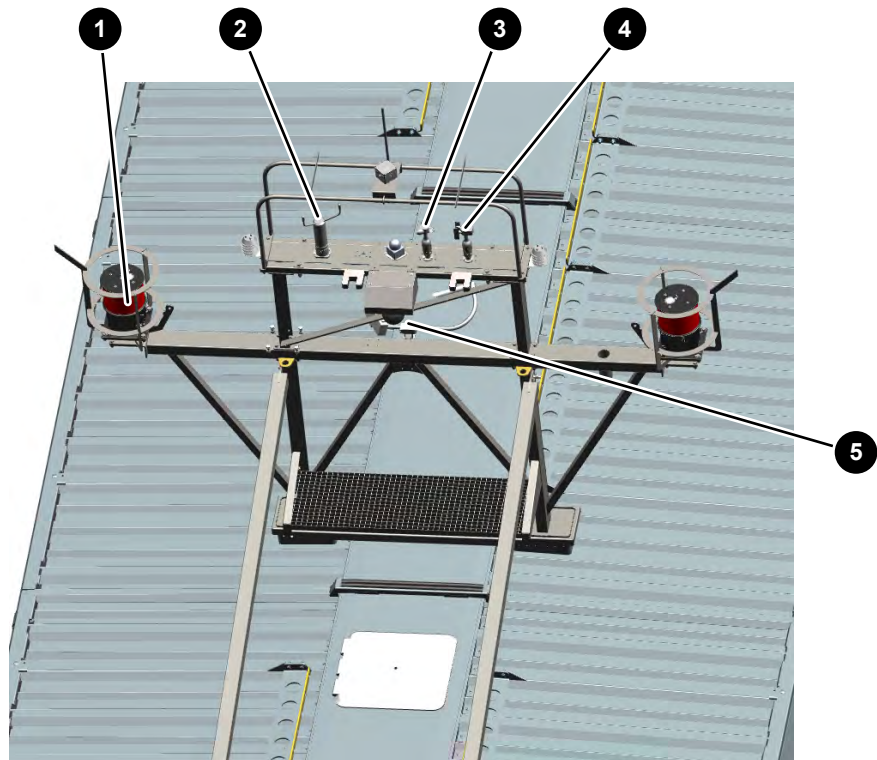


Abb. 12: Komponenten am Dachmodul

1	Befeuerungsleuchte	2	Ultraschall-Windmessgerät
3	Schalenwindmessgerät	4	Windrichtungsgeber
5	Sichtweitenmessgerät		

Ultraschall-Windmessgerät

Das Ultraschall-Windmessgerät ist ein Messgerät zur Messung der Windgeschwindigkeit und Windrichtung per Ultraschall. Die Werte werden ständig mit denen des Schalenwindmessgeräts und des Windrichtungsgebers verglichen. Bei Ausfall eines Messgeräts oder zu großer Messwertabweichung untereinander wird die Windenergieanlage gestoppt.

Schalenwindmessgerät

Das Schalenwindmessgerät ist ein Messgerät zur Messung der Windgeschwindigkeit mittels halbkugelförmiger Schalen, die um eine vertikale Achse rotieren.

Windrichtungsgeber

Der Windrichtungsgeber ist ein Messgerät zur Messung der Windrichtung.

Sichtweitenmessgerät

Das Sichtweitenmessgerät dient der Messung der Sichtweite 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.

Befeuerungsleuchte

Die Befeuerungsleuchten dienen zur Kennzeichnung der Windenergieanlage als Luftfahrthindernis.

4.3.5 Komponenten im Maschinenhaus (1)

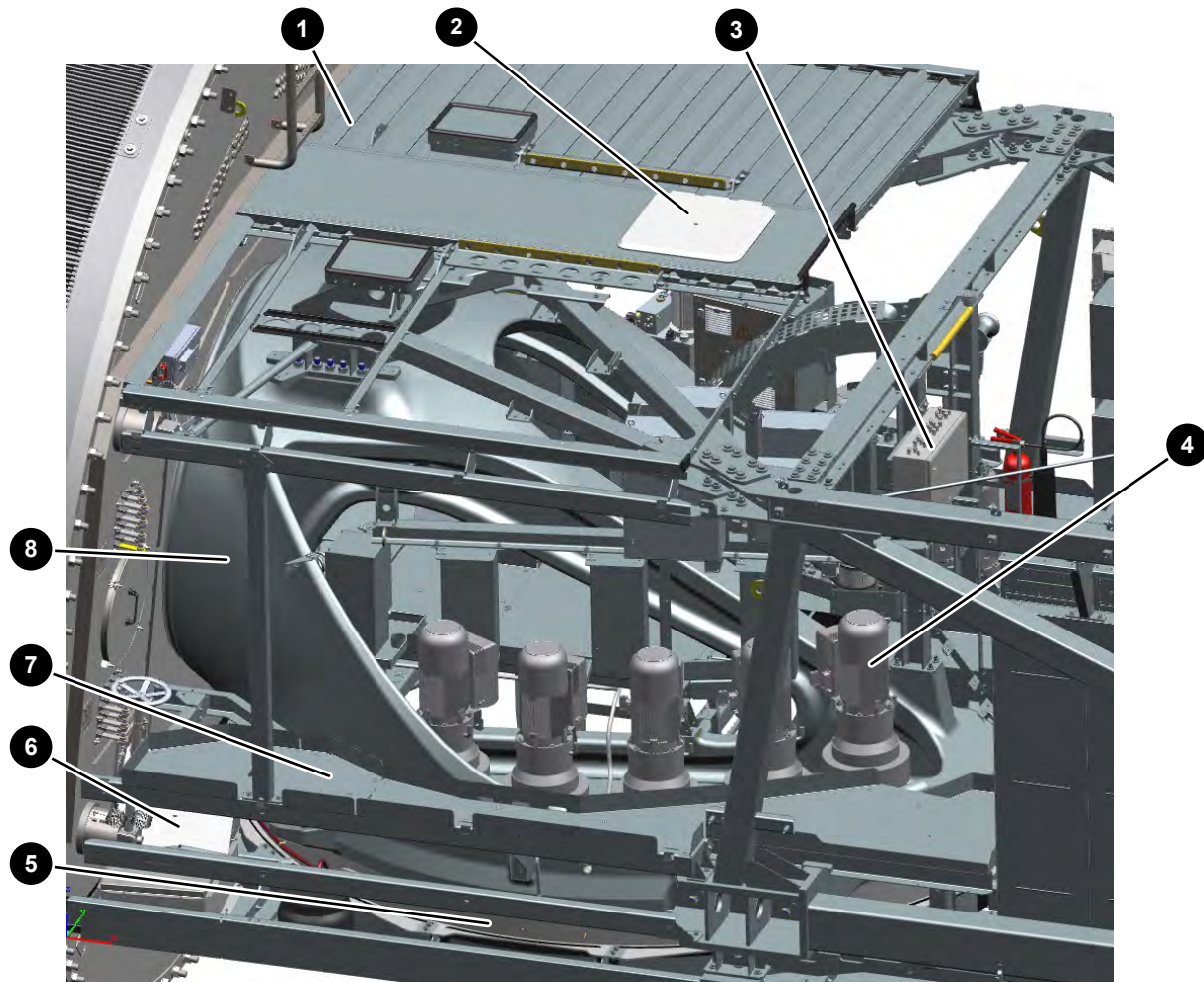


Abb. 13: Komponenten im Maschinenhaus (1)

1	Gondelverkleidung	2	Dachluke
3	Blitzableiter-Box	4	Azimutantrieb
5	Azimutlager	6	Gondellüfter
7	Gondelbühne	8	Maschinenträger

Gondelverkleidung Die Gondelverkleidung besteht aus mehreren Teilstücken und schützt die in der Gondel verbauten Komponenten vor Witterungseinflüssen. Über Öffnungen in der Gondelverkleidung wird Luft für die Generatorkühlung und Maschinenhauskühlung eingesaugt.

Dachluke Die Dachluke ist der Zugang zum Gondeldach. Von dort ist z. B. die Wartung der Windmessgeräte oder der Befeuerungsleuchten möglich.

Blitzableiter-Box Die Blitzableiter-Box enthält verschiedene Arten von Ableitungseinrichtungen für die Signal- und Stromversorgung der Komponenten auf dem Gondeldach.

- 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 Azimutlagerverschraubung greift. Wenn die Azimutantriebe eingeschaltet werden, drehen sie den Maschinenträger und damit die gesamte Gondel.
- Azimutlager** Das Azimutlager trägt die gesamte Gondel und ermöglicht die Drehung der Gondel auf dem Turm.
- Gondellüfter** Die Gondellüfter dienen zur Kühlung des Generators.
- 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.
- 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.

4.3.6 Komponenten im Maschinenhaus (2)

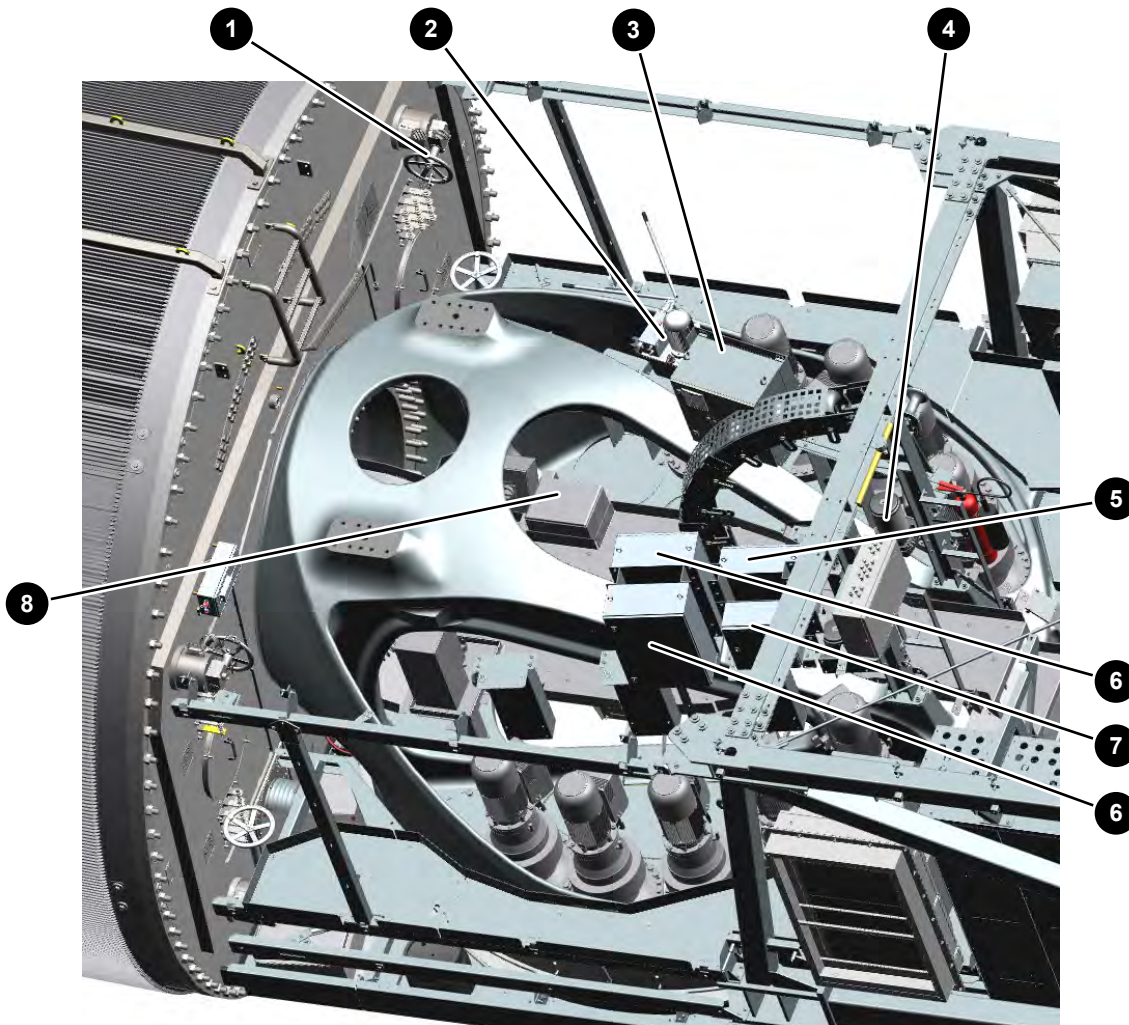


Abb. 14: Komponenten im Maschinenhaus (2)

1	Handrad Rotorarretierung	2	Hydraulikaggregat
3	Beleuchtungszentrale Gondel	4	Zentralschmiereinheit Azimutlager
5	Steuerschrank Befeuerung	6	Akkuschrack Befeuerung
7	Steuerschrank Eisansatzerkennung	8	Anschlusskasten Gondel

Handrad Rotorarretierung

Im Maschinenhaus befinden sich die Handräder zum Setzen der Rotorarretierung. Die Handräder sind gegen unbeabsichtigtes Verstellen mit einer mechanischen Sicherung gesichert.

Hydraulikaggregat

Das Hydraulikaggregat erzeugt den hydraulischen Druck zur Betätigung der Rotorhaltebremse.

Beleuchtungszentrale Gondel

Die Beleuchtungszentrale Gondel ist die Versorgungs- und Steuerungseinheit für die Gondelbeleuchtung und für die Turmaußenbeleuchtung. In die Beleuchtungszentrale ist die Notstromversorgung der Gondelbeleuchtung integriert.

Zentralschmiereinheit Azimutlager	Die Zentralschmiereinheit Azimutlager versorgt das Azimutlager mit Schmiermittel.
Steuerschrank Befeue- rung	Der Steuerschrank Befeuerung enthält die Steuerung der Befeue- rung.
Akkuschrank Befeue- rung	Der Akkusschrank Befeuerung enthält Akkumulatoren, die die Strom- versorgung der Befeuerung im Falle eines Netzausfalls für eine be- stimmte Zeit aufrechterhalten.
Steuerschrank Eisan- satzerkennung	Der Steuerschrank Eisansatzerkennung dient zur Datenerfassung und zur Kontrolle der Sensoren für die Erkennung von Eisansatz.
Anschlusskasten Gon- del	Der Anschlusskasten Gondel dient als Stromverteiler während des Aufbaus der Windenergieanlage

4.3.7 Komponenten im Maschinenhaus (3)

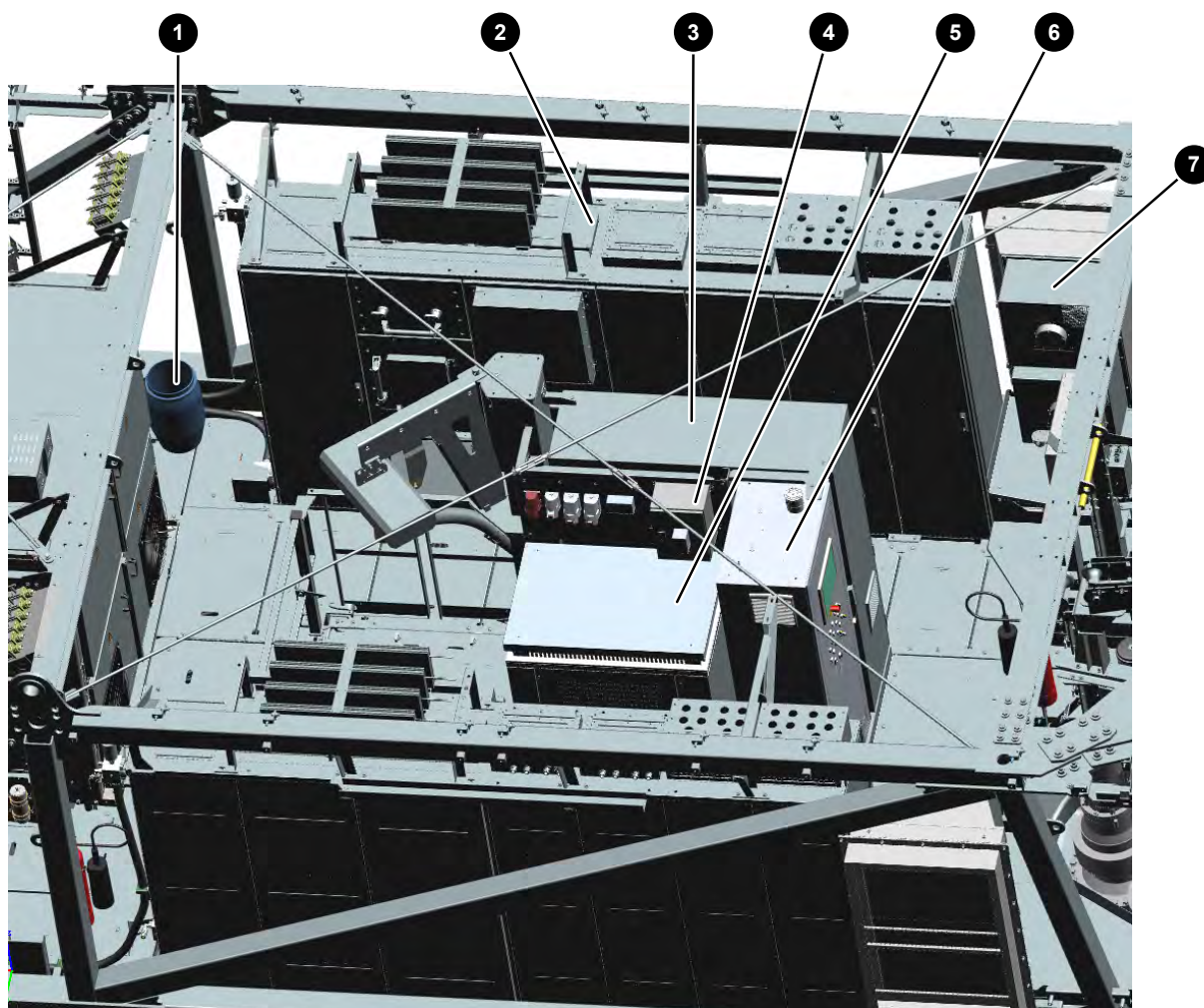


Abb. 15: Komponenten im Maschinenhaus (3)

1	Rettungsgerät	2	Umrichterschrank (Master)
3	Auxiliary Power Distribution Box	4	Steckdosenversorgung 110 V
5	Auxiliary Transformer	6	Nacelle Control Box
7	Maschinenhauslüfter		

Rettungsgerät Das Rettungsgerät dient zur Not-Evakuierung der Windenergieanlage über die Kranluke sowie zur Rettung von Personen aus der Sicherheitssteigleiter und der Aufstiegshilfe.

Umrichterschrank In den Umrichterschrank wird der vom Generator mit variabler Frequenz kommende Wechselstrom gleichgerichtet und an den Wechselrichter weitergeleitet. Im Wechselrichter wird der Gleichstrom in einen mit dem Stromnetz konformen 3-Phasen-Wechselstrom umgewandelt. Die Kühlung der Umrichter erfolgt durch ein Flüssigkeitskühlsystem.

Auxiliary Power Distribution Box	Die Auxiliary Power Distribution Box ist die Hauptwechselstromverteilung der elektrischen Komponenten in der Windenergieanlage. Die Auxiliary Power Distribution Box beinhaltet auch Schnittstellen für Sensoren und Rückmeldungen.
Steckdosenversorgung 110 V	Die Steckdosenversorgung 110 V dient als Unterverteilung mit Schutzschaltern für die Steckdosen in der Gondel.
Auxiliary Transformer	Der Auxiliary Transformer versorgt die Komponenten der Windenergieanlage mit Strom. Dazu gehören z. B. die Steuerung der Windenergieanlage, die Aufstiegshilfe, die Beleuchtung und die Steckdosen.
Nacelle Control Box	Die Nacelle Control Box enthält die Steuerung der Windenergieanlage, die Schnittstelle zu den Windmessgeräten auf dem Gondeldach und die 24-V-Gleichstromversorgung mit integrierter USV. An der Vorderseite befindet sich ein Bedienpanel für das Maschinenhaus. Am Bedienpanel können bestimmte Funktionen und Systeme manuell bedient werden und Informationen über den Zustand der Windenergieanlage können abgerufen werden.
Maschinenhauslüfter	Die Maschinenhauslüfter sind Teil des Luftkühlsystems im Maschinenhaus.

4.3.8 Komponenten im Maschinenhaus (4)

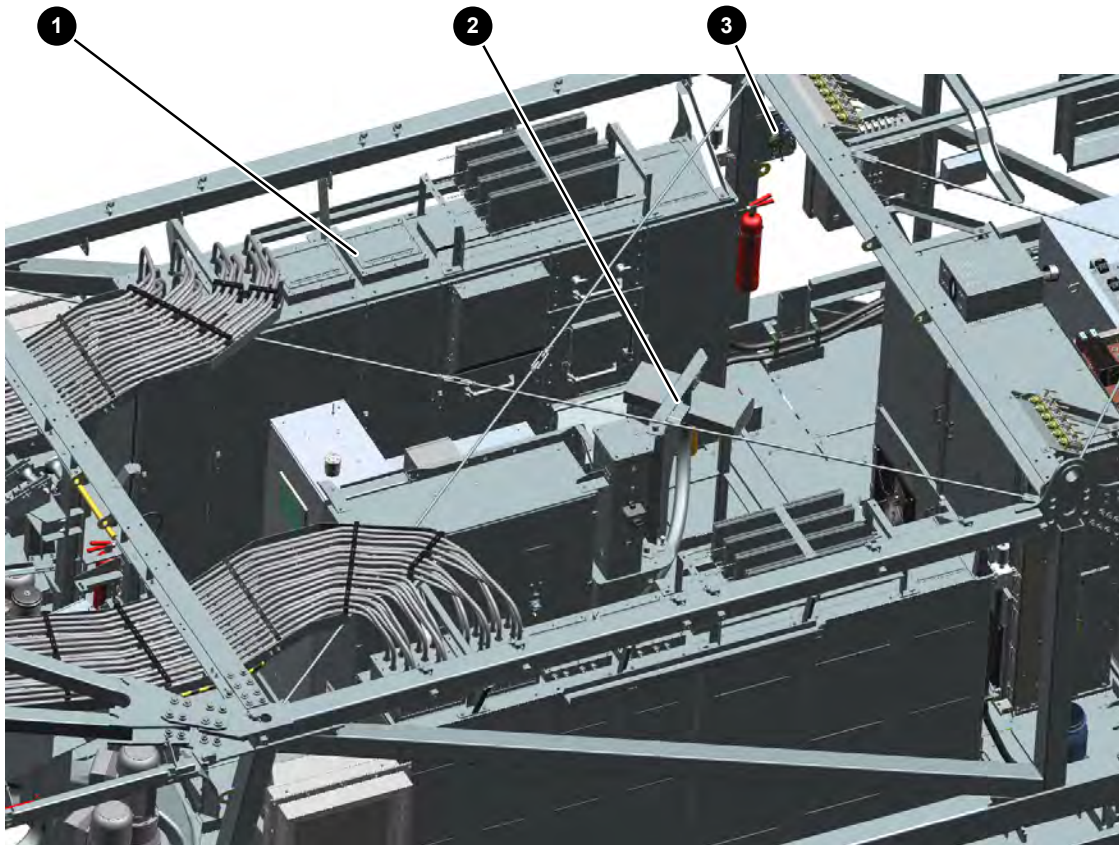


Abb. 16: Komponenten im Maschinenhaus (4)

1	Umrichterschrank (Slave)	2	Kran Gondel
3	Wartungseinheit automatisches Löschesystem		

Umrichterschrank In den Umrichterschranken wird der vom Generator mit variabler Frequenz kommende Wechselstrom gleichgerichtet und an den Wechselrichter weitergeleitet. Im Wechselrichter wird der Gleichstrom in einen mit dem Stromnetz konformen 3-Phasen-Wechselstrom umgewandelt. Die Kühlung der Umrichter erfolgt durch ein Flüssigkeitskühlsystem.

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

Wartungseinheit automatisches Löschesystem Die Wartungseinheit automatisches Löschesystem besteht aus einem Wartungsventil zur Deaktivierung des automatischen Löschesystems und einer Kontrollanzeige.

4.3.9 Komponenten im Maschinenhaus (5)

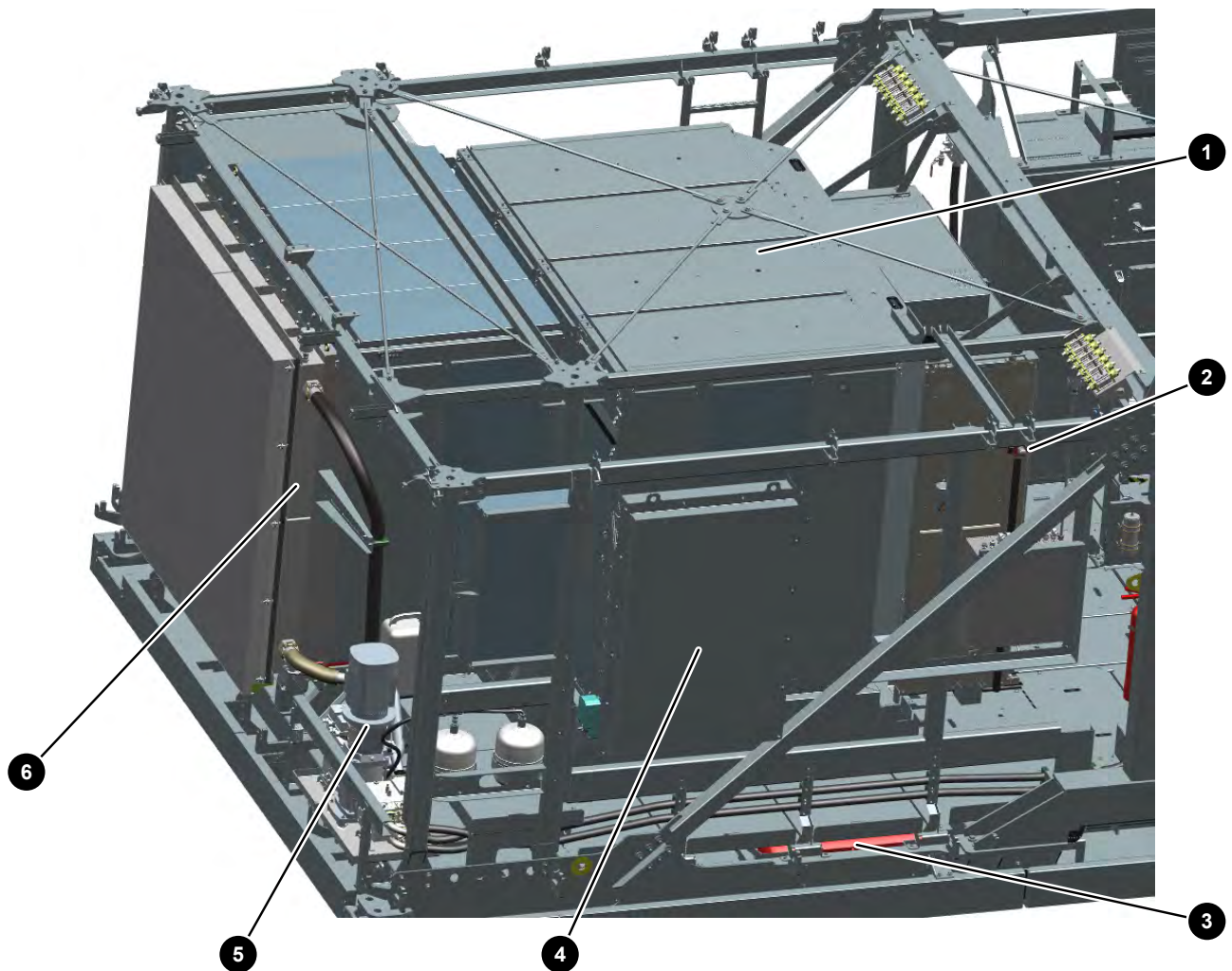


Abb. 17: Komponenten im Maschinenhaus (5)

1	Einhausung Transformator	2	Transformator-Not-Aus-Taster
3	Löschmittelbehälter des automatischen Löschsystems	4	Luftauslass Maschinenhauskühlung
5	Pumpe der Cooling System Unit	6	Rückkühler der Cooling System Unit

Einhausung Transformator

Die Einhausung Transformator dient als Berührungsschutz gegen elektrischen Schlag und als Immissionsschutz gegen elektromagnetische Strahlung bei einem Aufenthalt im Maschinenhaus.

Transformator-Not-Aus-Taster

Der Transformator-Not-Aus-Taster ist eine Sicherheitseinrichtung zur allseitigen Energietrennung im Notfall. Bei Betätigung verriegelt der Transformator-Not-Aus-Taster über eine automatische Verrastfunktion.

Löschmittelbehälter des automatischen Löschsystems

Der Löschmittelbehälter des automatischen Löschsystems enthält gebrauchsfertiges Schaumlöschmittel.

Luftauslass Maschinenhauskühlung

Der Luftauslass Maschinenhauskühlung ist Teil des Luftkühlsystems im Maschinenhaus.

Pumpe der Cooling System Unit

Die Pumpe der Cooling System Unit dient dem Transport der Kühlflüssigkeit im Flüssigkeitskühlsystem. Bei angehaltener Windenergieanlage und niedrigen Außentemperaturen kann das Kühlmittel auch erwärmt werden.

Rückkühler der Cooling System Unit

Der Rückkühler der Cooling System Unit dient der Rückkühlung der Kühlflüssigkeit im Flüssigkeitskühlsystem durch Außenluft.

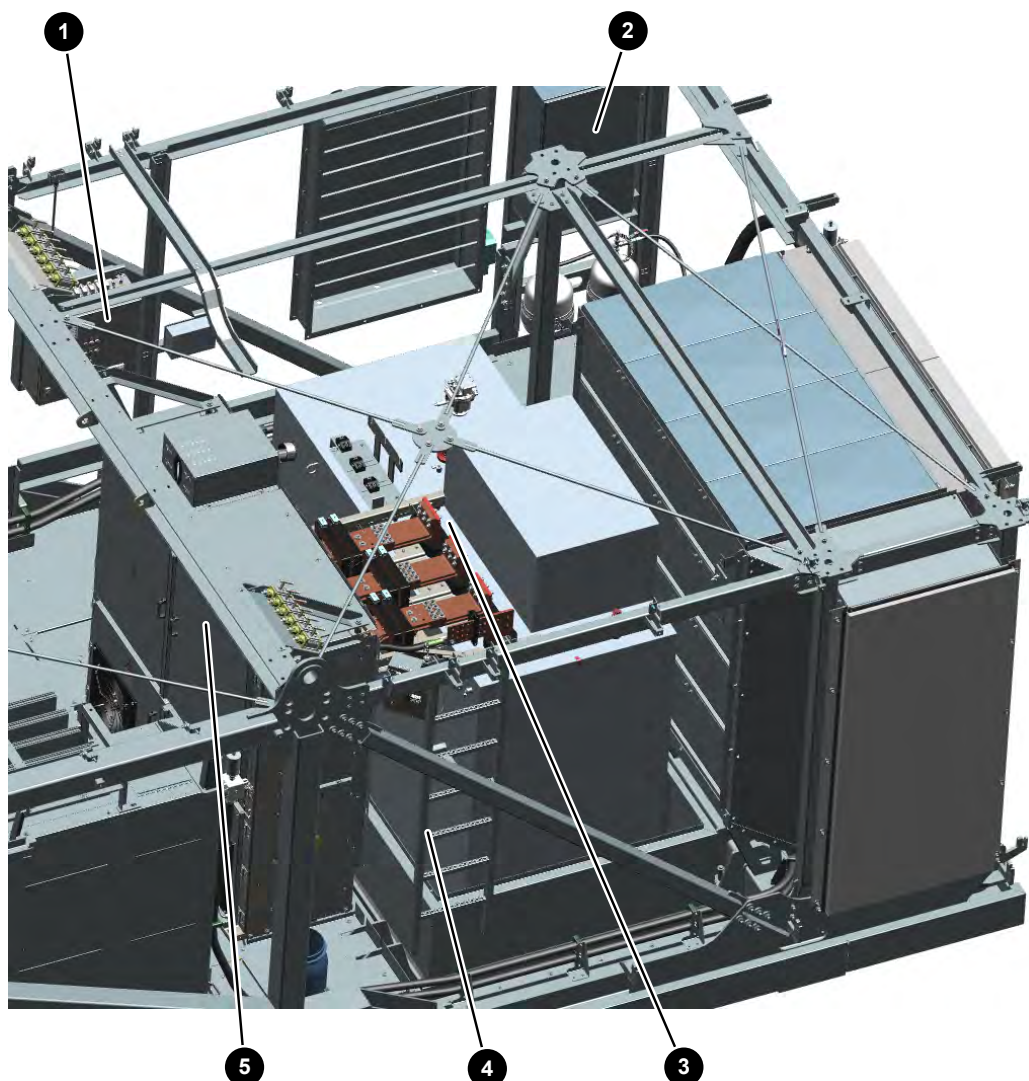
4.3.10 Komponenten im Maschinenhaus (6)


Abb. 18: Komponenten im Maschinenhaus (6)

1	Steuerschrank Transformator Gondel	2	Cooling Control Box
3	Transformator	4	Leiter Dachmodul
5	Niederspannungsverteilung		

Steuerschrank Transformator Gondel

Der Steuerschrank Transformator Gondel 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 oder bei Erkennung eines Brands oder Erdschlusses, schaltet der Steuerschrank Transformator Gondel die Mittelspannungsschaltanlage ab. Am Steuerschrank Transformator Gondel kann die Mittelspannung in der Mittelspannungsschaltanlage zugeschaltet und abgeschaltet werden.

Cooling Control Box

Die Cooling Control Box ist der Steuerschrank der Cooling System Unit.

Transformator

Der Transformator transformiert die in der Windenergieanlage erzeugte Spannung auf das Niveau des Stromnetzes, in das der Strom eingespeist wird.

Leiter Dachmodul

Über die Leiter Dachmodul und die Dachluke ist das Dachmodul erreichbar.

Niederspannungsverteilung

Die Niederspannungsverteilung verbindet die Umrichter mit dem Transformator und dem Auxiliary Transformer. In der Niederspannungsverteilung befinden sich Sicherungen mit Trennschalter, mit denen die Umrichter und der Auxiliary Transformer netzseitig freigeschaltet werden können.

4.3.11 Komponenten der Rotorarretierung

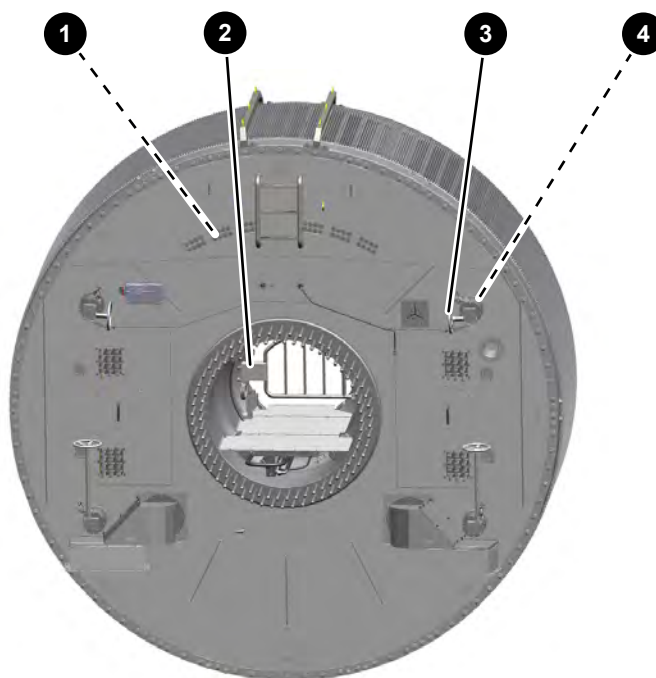


Abb. 19: Komponenten der Rotorarretierung

1	Rotorhaltebremse	2	Zugangstür zum Rotorkopf
3	Handrad Rotorarretierung	4	Rotorarretierungsbolzen

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.

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

Handrad Rotorarretierung Im Maschinenhaus befinden sich die Handräder zum Setzen der Rotorarretierung. Die Handräder sind gegen unbeabsichtigtes Verstellen mit einer mechanischen Sicherung gesichert.

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

4.4 Turm

Für die Windenergieanlage gibt es den Hybridturm, den Hybrid-Stahl-turm und den Stahlrohrturm. Der Hybridturm besteht aus Betonsegmenten und aus rohrförmigen Stahlsektionen. Der Hybrid-Stahl-turm besteht aus abgekanteten Sektionsblechen aus Stahl und aus rohrförmigen Stahlsektionen. Der Stahlrohrturm besteht aus rohrförmigen Stahlsektionen.

4.4.1 Komponenten im Turm

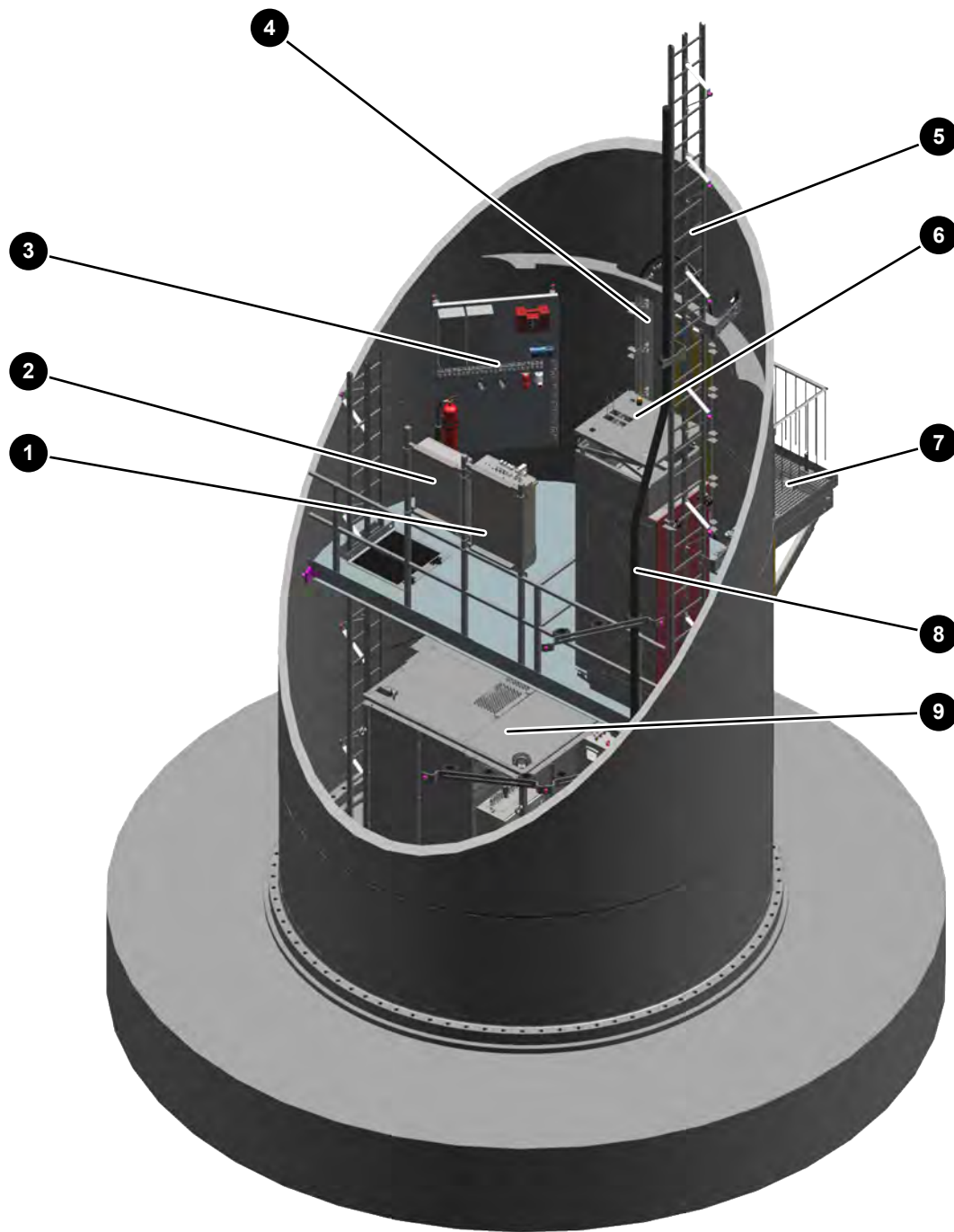


Abb. 20: Komponenten im Turm

1	Steuerschrank Transformator Turmfuß	2	Tower Control Panel
3	Bedieneinheit neben der Turmeingangstür	4	Turmeingangstür
5	Sicherheitssteigleiter	6	Aufstiegshilfe
7	Zugangstreppe	8	Mittelspannungskabel
9	Tower Base Control Unit		

Steuerschrank Transformator Turmfuß	Der Steuerschrank Transformator Turmfuß 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 oder bei Erkennung eines Brands oder Erdschlusses, schaltet der Steuerschrank Transformator Turmfuß die Mittelspannungsschaltanlage ab. Am Steuerschrank Transformator Turmfuß kann die Mittelspannung in der Mittelspannungsschaltanlage zugeschaltet und abgeschaltet werden.
Tower Control Panel	Das Tower Control Panel ist die Bedieneinheit für die Tower Control Box in der Tower Base Control Unit.
Bedieneinheit neben der Turmeingangstür	In der Bedieneinheit neben der Turmeingangstür gibt es u. a. den Lichtschalter für die Turm- und Turmfußbeleuchtung und einen Verbandkasten.
Turmeingangstür	Die Turmeingangstür dient als Zugang zur Windenergieanlage.
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 leitergeführt 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.
Zugangstreppe	Die Zugangstreppe führt außen am Turm von der Geländehöhe auf die Eingangsebene der Windenergieanlage.
Mittelspannungskabel	Das Mittelspannungskabel leitet den erzeugten Strom von der Gondel zum Turmfuß. Außerdem dient das Mittelspannungskabel der Versorgung der Gondel mit Strom aus dem Stromnetz. Weitere Turmkabel befinden sich auf der anderen Seite der Sicherheitssteigleiter. Sie dienen der Übertragung von Mess-, Regel- und sonstigen Daten zwischen Turmfuß und Gondel.
Tower Base Control Unit	Die Tower Base Control Unit umfasst die Komponenten unterhalb der Turmeingangsebene.

4.4.2 Komponenten in der Tower Base Control Unit

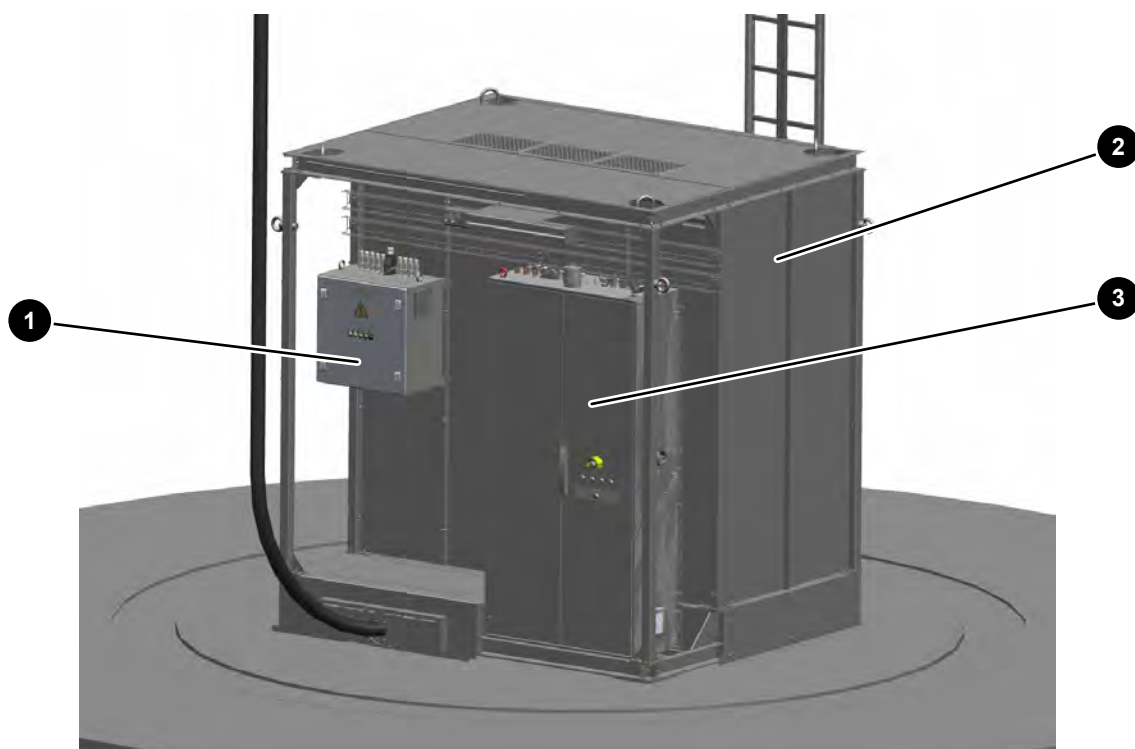


Abb. 21: Komponenten in der Tower Base Control Unit

1	Beleuchtungszentrale Turmfuß	2	Mittelspannungsschaltanlage
3	Tower Control Box		

Beleuchtungszentrale Turmfuß

Die Beleuchtungszentrale Turmfuß ist die Versorgungs- und Steuerungseinheit für die Turminnenbeleuchtung und für die Beleuchtung des Turmfußes. In die Beleuchtungszentrale Turmfuß ist die Notstromversorgung der Turminnenbeleuchtung integriert.

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.

Tower Control Box

Die Tower Control Box enthält die übergeordneten elektronischen Komponenten, die unterbrechungsfreien Stromversorgungen für weitere Komponenten sowie einige Bedien- und Anzeigeelemente zur Überwachung und Steuerung der Windenergieanlage.

5 Bedien- und Anzeigeelemente

5.1 Tower Control Panel

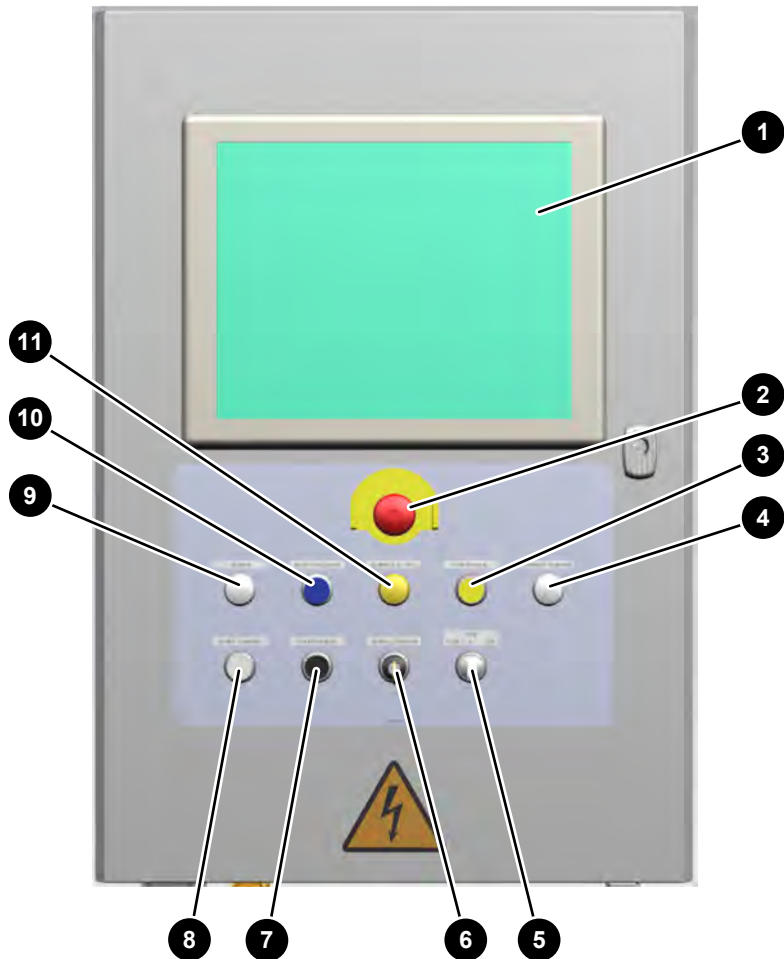


Abb. 22: Bedien- und Anzeigeelemente am Tower Control Panel

1	Anlagendisplay	2	Not-Halt-Taster
3	Taster Windnachführung manuell (Yaw manual)	4	Leuchtmelder Schalt- schrankheizung (Cabinet heating)
5	Drehschalter Windnachfüh- rung links/0/rechts (Yaw CCW/0/CW)	6	Leuchtdrehtaster Wartung Aus/Ein (Service Off/On)
7	Taster Windenergieanlage stoppen (Stop turbine)	8	Taster Windenergieanlage starten (Start turbine)
9	Leuchtmelder Alarm	10	Taster Fehler quittieren (Re- set failures)
11	Leuchtmelder Wartung aktiv (Service active)		

Tab. 2: Bedien- und Anzeigeelemente am Tower Control Panel

Element	Funktion/Bedeutung
Anlagendisplay	Informiert über den aktuellen Betriebszustand der Windenergieanlage und dient der Eingabe bzw. Änderung von Betriebsparametern.
Not-Halt-Taster	Löst einen Not-Halt der Windenergieanlage durch Notverstellung der Rotorblätter aus. Die 400-V-Spannungsversorgungen in der Gondel sowie in der Rotornabe werden unterbrochen. Die 24-V-USV bleibt etwa 10 min lang weiterhin aktiv und wird danach abgeschaltet.
Taster <i>Windnachführung manuell (Yaw manual)</i>	Schaltet die Windnachführungsfunktion von manuell auf automatisch oder von automatisch auf manuell um, wenn dieser Taster innerhalb von 2 s 5-mal gedrückt wird.
Leuchtmelder <i>Schaltschrankheizung (Cabinet heating)</i>	Leuchtet, wenn die Schaltschrankheizung eingeschaltet ist.
Drehschalter <i>Windnachführung links/0/rechts (Yaw CCW/0/CW)</i>	Bewegt die Gondel im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn.
Leuchtdrehtaster <i>Wartung Aus/Ein (Service Off/On)</i>	Schaltet die Windenergieanlage in den Wartungsmodus. Bei eingeschaltetem Wartungsmodus sind andere Betriebszustände nicht möglich und der Fernzugriff auf die Windenergieanlage ist deaktiviert. Alle Azimutantriebe sind ausgeschaltet. Die Windnachführung ist nur manuell möglich.
Taster <i>Windenergieanlage stoppen (Stop turbine)</i>	Stoppt die Windenergieanlage.
Taster <i>Windenergieanlage starten (Start turbine)</i>	Startet die Windenergieanlage.
Leuchtmelder <i>Alarm</i>	Leuchtet, wenn die Windenergieanlage gestoppt und in den Alarmzustand gewechselt ist.
Taster <i>Fehler quittieren (Reset failures)</i>	Setzt eine Fehlermeldung zurück.
Leuchtmelder <i>Wartung aktiv (Service active)</i>	Zeigt den eingeschalteten Wartungsmodus an.

5.2 Tower Control Box



Abb. 23: Bedien- und Anzeigeelemente an der Tower Control Box

1	Not-Halt-Taster	2	Hauptschalter
3	Leuchtmelder 24V USV ok (24V UPS Ok)	4	Leuchtmelder 24V Ok
5	USB-Anschluss Wartung Laptop (Service Laptop)	6	Leuchtmelder Schalt- schrankheizung (Cabinet heating)
7	Leuchtmelder Drehfeld Pha- senfolge Ok (Supply phase sequence Ok)		

Tab. 3: Bedien- und Anzeigeelemente an der Tower Control Box

Element	Funktion/Bedeutung
Not-Halt-Taster	Löst einen Not-Halt der Windenergieanlage durch Notverstellung der Rotorblätter aus.

Element	Funktion/Bedeutung
	Die 400-V-Spannungsversorgungen in der Gondel sowie in der Rotornabe werden unterbrochen. Die 24-V-USV bleibt etwa 10 min lang weiterhin aktiv und wird danach abgeschaltet.
Hauptschalter	Schaltet alle angeschlossenen Komponenten spannungsfrei.
Leuchtmelder <i>24V USV ok (24V UPS Ok)</i>	Leuchtet, wenn keine Fehler bei der 24-V-USV vorliegen.
Leuchtmelder <i>24V Ok</i>	Leuchtet, wenn keine Fehler bei der 24-V-Versorgung vorliegen.
USB-Anschluss <i>Wartung Laptop (Service Laptop)</i>	Dient dem Anschluss eines externen Laptops für Wartungsarbeiten.
Leuchtmelder <i>Drehfeld Phasenfolge Ok (Supply phase sequence Ok)</i>	Leuchtet, wenn die Phasenfolge in Ordnung ist.

5.3 Steuerschrank Transformator Turmfuß

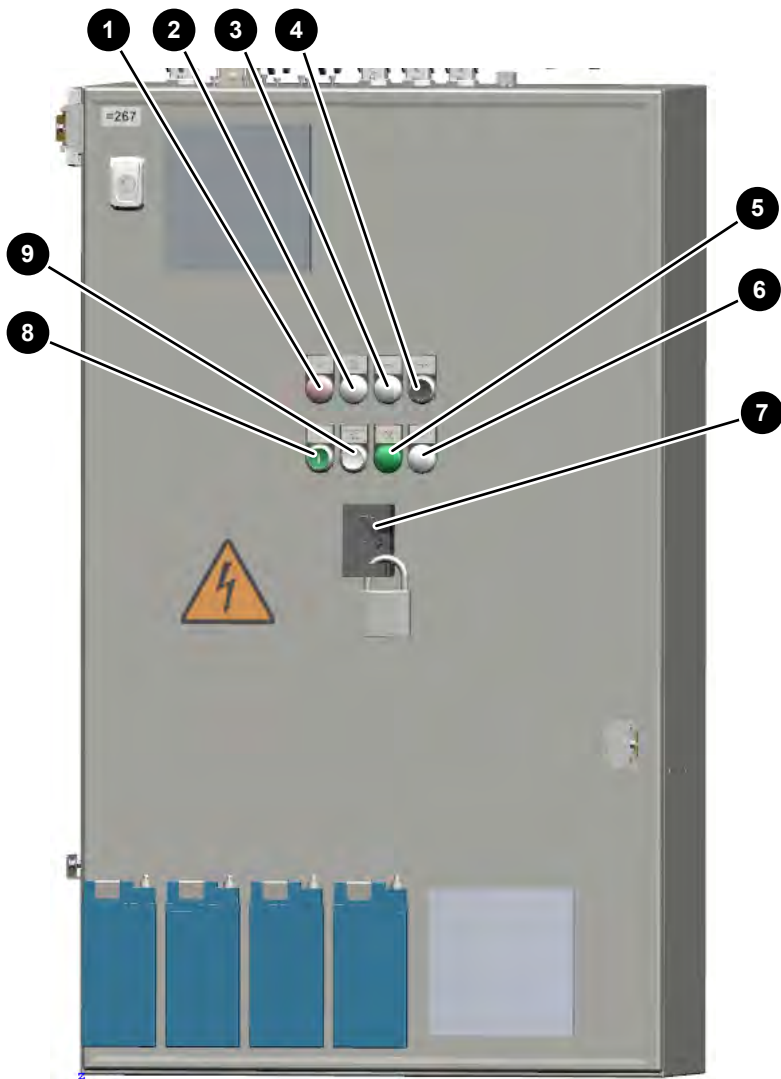


Abb. 24: Bedien- und Anzeigeelemente am Steuerschrank Transformator Turmfuß

1	Leuchtmelder <i>Störung (Error)</i>	2	Leuchtmelder <i>Status Kontrollsystem (Status Control system)</i>
3	Leuchtmelder <i>Automatik (Automatic)</i>	4	Taster <i>Lampentest (Lamp Test)</i>
5	Leuchtmelder <i>Transformator Ein (Transformer On)</i>	6	Leuchtmelder <i>Transformator Aus (Transformer Off)</i>
7	Umschalter <i>Manuell/Verriegelt/Automatik (Manual/Locked/Automatic)</i>	8	Leuchttaster <i>Transformator EIN (Transformer ON)</i>
9	Leuchttaster <i>Transformator AUS Reset (Transformer Off/Reset)</i>		

Tab. 4: Bedien- und Anzeigeelemente am Steuerschrank Transformator Turmfuß

Element	Funktion/Bedeutung
Leuchtmelder <i>Störung (Error)</i>	Leuchtet, wenn eine Störung anliegt.
Leuchtmelder <i>Status Kontrollsystem (Status Control system)</i>	Zeigt den Status des Kontrollsystems an.
Leuchtmelder <i>Automatik (Automatic)</i>	Leuchtet, wenn die Windenergieanlage sich im Automatikbetrieb befindet.
Taster <i>Lampentest (Lamp Test)</i>	Schaltet den Beleuchtungstest im Turm ein.
Leuchtmelder <i>Transformator Ein (Transformer On)</i>	Leuchtet, wenn der Transformator eingeschaltet ist.
Leuchtmelder <i>Transformator Aus (Transformer Off)</i>	Leuchtet, wenn der Transformator ausgeschaltet ist.
Umschalter <i>Manuell/Verriegelt/Automatik (Manual/Locked/Automatic)</i>	Schaltet die Steuerung des Transformators auf manuell oder automatisch um. Kann in der mittleren (neutralen) Position verriegelt werden.
Leuchttaster <i>Transformator EIN (Transformer ON)</i>	Schaltet den Transformator ein.
Leuchttaster <i>Transformator AUS Reset (Transformer Off/Reset)</i>	Schaltet den Transformator in den Ausgangszustand zurück.

5.4 Beleuchtungszentrale Turmfuß

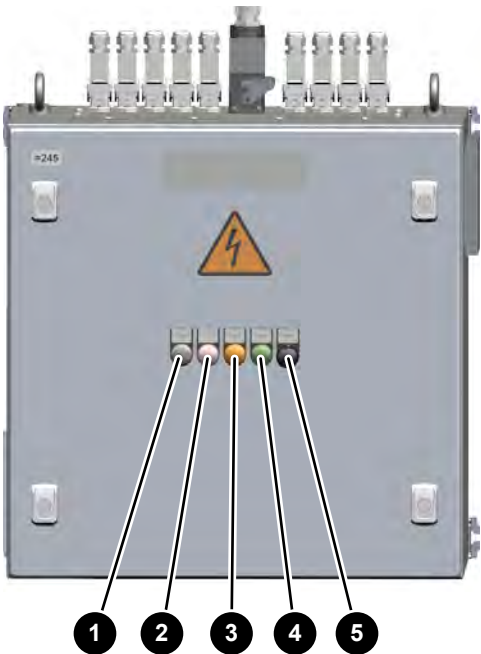


Abb. 25: Bedien- und Anzeigeelemente an der Beleuchtungszentrale Turmfuß

1	Dreheschalter <i>Beleuchtung (Lighting)</i>	2	Leuchtmelder <i>Störung (Error)</i>
3	Leuchtmelder orange <i>Pufferung (Buffering)</i>	4	Leuchtmelder <i>Betrieb (Operation)</i>
5	Leuchtmelder schwarz <i>Pufferung (Buffering)</i>		

Tab. 5: Bedien- und Anzeigeelemente an der Beleuchtungszentrale im Turmfuß

Element	Funktion/Bedeutung
Dreheschalter <i>Beleuchtung (Lighting)</i>	Schaltet die Notbeleuchtung im Turmfuß ein.
Leuchtmelder <i>Störung (Error)</i>	Leuchtet, wenn eine Störung bei der Lichtversorgung anliegt.
Leuchtmelder orange <i>Pufferung (Buffering)</i>	Leuchtet, wenn die Akkuleistung für den Notstrombetrieb einen kritischen Wert unterschreitet.
Leuchtmelder <i>Betrieb (Operation)</i>	Leuchtet, wenn der Notstrombetrieb eingeschaltet ist.
Leuchtmelder schwarz <i>Pufferung (Buffering)</i>	Leuchtet, wenn der Notstrombetrieb nicht mehr möglich ist.

5.5 Cooling Control Box

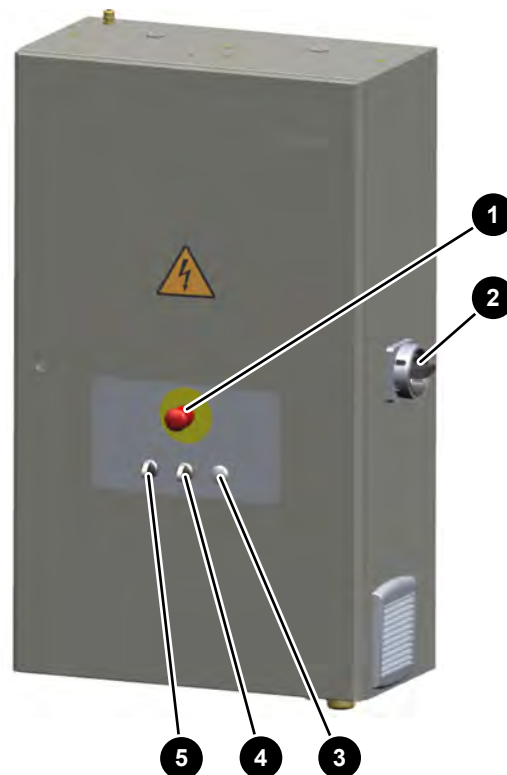


Abb. 26: Bedien- und Anzeigeelemente an der Cooling Control Box

1	Not-Halt-Taster	2	Hauptschalter
3	Leuchtmelder <i>Schalt-schrankheizung (Cabinet heating)</i>	4	Drehschalter <i>Flüssigkeits-pumpe (Liquid pump)</i>
5	Drehschalter <i>Flüssigkeits-heizung (Liquid heater)</i>		

Tab. 6: Bedien- und Anzeigeelemente an der Cooling Control Box

Element	Funktion/Bedeutung
Not-Halt-Taster	Löst einen Not-Halt der Windenergieanlage durch Notverstellung der Rotorblätter aus. Schaltet die Hauptversorgungsspannung der rotierenden Baugruppen aus. Die 400-V-Spannungsversorgungen in der Gondel sowie in der Rotornabe werden unterbrochen. Die 24-V-USV bleibt etwa 10 min lang weiterhin aktiv und wird danach abgeschaltet.
Hauptschalter	Schaltet das Kühlsystem spannungsfrei.
Leuchtmelder <i>Schaltschrankheizung (Cabinet heating)</i>	Leuchtet, wenn die Schaltschrankheizung eingeschaltet ist.
Drehschalter <i>Flüssigkeitspumpe (Liquid pump)</i>	Schaltet die Flüssigkeitspumpe auf manuelle Steuerung, automatische Steuerung oder aus.
Drehschalter <i>Flüssigkeitsheizung (Liquid heater)</i>	Schaltet die Flüssigkeitsheizung auf manuelle Steuerung, automatische Steuerung oder aus.

5.6 Nacelle Control Box

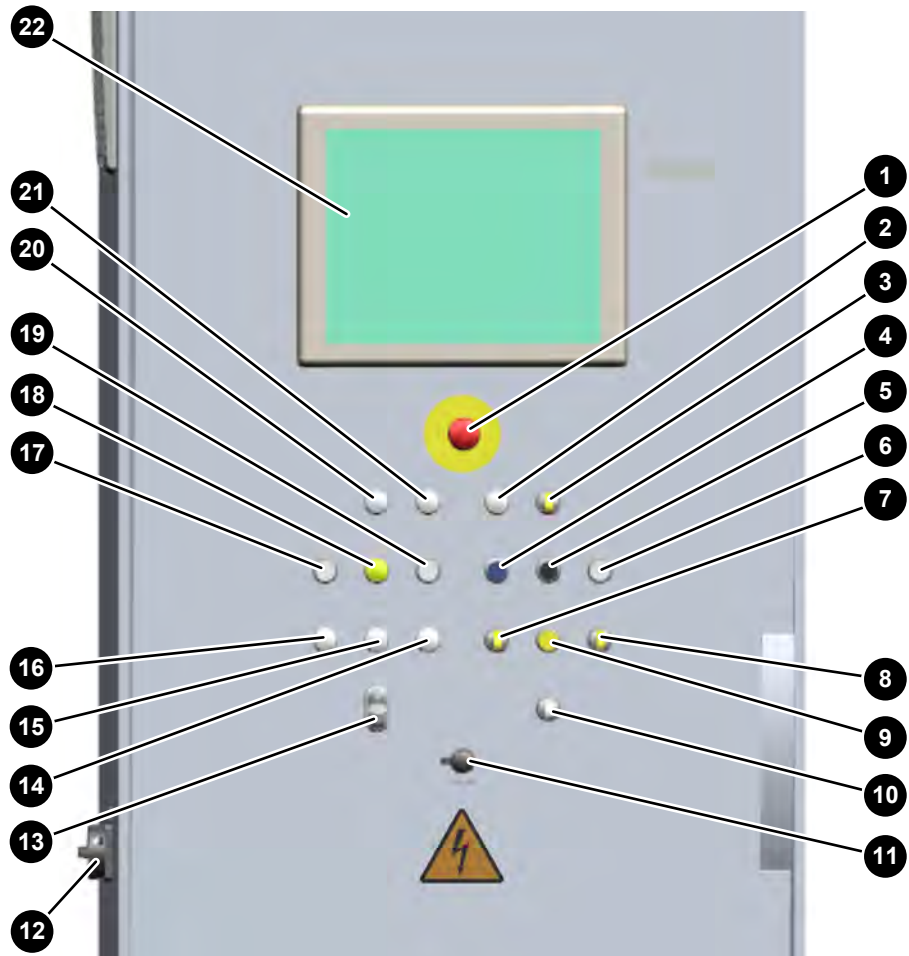


Abb. 27: Bedien- und Anzeigeelemente an der Nacelle Control Box

1	Not-Halt-Taster	2	Leuchtmelder <i>Schalt-schrankheizung (Cabinet heating)</i>
3	Drehschalter <i>Wartung Ein/Aus (Service On/Off)</i>	4	Taster <i>Fehler quittieren (Reset failures)</i>
5	Taster <i>Windenergieanlage stoppen (Stop turbine)</i>	6	Taster <i>Windenergieanlage starten (Start turbine)</i>
7	Drehschalter <i>Rotorhaltebremse (Rotor brake)</i>	8	Drehschalter <i>Windnachführung manuell (Yaw manual)</i>
9	Leuchttaster <i>Windnachführung Remote/Lokal (Yaw Remote/Local)</i>	10	Drehschalter <i>Windnachführung links/0/rechts (Yaw CCW/0/CW)</i>
11	USB-Anschluss <i>Wartung Laptop (Service Laptop)</i>	12	Hauptschalter
13	Doppeldrucktaster <i>Rotorhaltebremse lösen (Rotor holding brake release)</i>	14	Leuchtmelder <i>Annäherung an Bolzenloch im Uhrzeigersinn (Pin hole approach cw)</i>

15	Leuchtmelder <i>Rotorarretierung zulässig (Pin lock allowed)</i>	16	Leuchtmelder <i>Annäherung an Bolzenloch gegen Uhrzeigersinn (Pin hole approach ccw)</i>
17	Taster <i>Rotorblatt in Betriebsstellung (Pitch to work)</i>	18	Leuchtmelder <i>Manuelle Rotorblattverstellung Rotor-nabe aktiv (Manual pitch hub active)</i>
19	Taster <i>Rotorblatt in Fahnenstellung (Pitch to vane)</i>	20	Leuchtmelder 24V Ok
21	Leuchtmelder 24V USV ok (24V UPS Ok)	22	Anlagendisplay

Tab. 7: Bedien- und Anzeigeelemente an der Nacelle Control Box

Element	Funktion/Bedeutung
Not-Halt-Taster	Löst einen Not-Halt der Windenergieanlage durch Notverstellung der Rotorblätter aus. Unterbricht die Spannungsversorgung zu den rotierenden Bauteilen in der Gondel. Die 400-V-Spannungsversorgungen in der Gondel sowie in der Rotornabe werden unterbrochen. Die 24-V-USV bleibt etwa 10 min lang weiterhin aktiv und wird danach abgeschaltet.
Leuchtmelder <i>Schaltschrankheizung (Cabinet heating)</i>	Leuchtet, wenn die Schaltschrankheizung eingeschaltet ist.
Drehschalter <i>Wartung Ein/Aus (Service On/Off)</i>	Schaltet die Windenergieanlage in den Wartungsmodus. Bei eingeschaltetem Wartungsmodus sind andere Betriebszustände nicht möglich und der Fernzugriff auf die Windenergieanlage ist deaktiviert. Alle Azimutantriebe sind ausgeschaltet. Die Windnachführung ist nur manuell möglich.
Taster <i>Fehler quittieren (Reset failures)</i>	Setzt eine Fehlermeldung zurück.
Taster <i>Windenergieanlage stoppen (Stop turbine)</i>	Stoppt die Windenergieanlage.
Taster <i>Windenergieanlage starten (Start turbine)</i>	Startet die Windenergieanlage.
Drehschalter <i>Rotorhaltebremse (Rotor brake)</i>	Setzt oder löst die Rotorhaltebremse.
Drehschalter <i>Windnachführung manuell (Yaw manual)</i>	Schaltet die Windnachführungsfunktion von manuell auf automatisch oder von automatisch auf manuell um, wenn dieser Taster innerhalb von 2 s 5-mal gedrückt wird.
Leuchttaster <i>Windnachführung Remote/Lokal (Yaw Remote/Local)</i>	Schaltet die Windnachführungsfunktion von ferngesteuert auf vor Ort um.
Drehschalter <i>Windnachführung links/0/rechts (Yaw CCW/0/CW)</i>	Bewegt die Gondel im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn.
USB-Anschluss <i>Wartung Laptop (Service Laptop)</i>	Dient dem Anschluss eines externen Laptops für Wartungsarbeiten.

Element	Funktion/Bedeutung
Hauptschalter	Schaltet die Nacelle Control Box spannungsfrei. Unterbricht die Spannungsversorgung des Rotorkopfs, wodurch die Notverstellung der Rotorblätter aktiviert wird.
Doppeldrucktaster <i>Rotorhaltebremse lösen (Rotor holding brake release)</i>	Setzt die Rotorhaltebremse in die Ausgangsstellung zurück.
Leuchtmelder <i>Annäherung an Bolzenloch im Uhrzeigersinn (Pin hole approach cw)</i>	Blinkt langsam, wenn der Rotor sich dem Bolzenloch im Uhrzeigersinn nähert und blinkt schneller, je näher der Rotor dem Bolzenloch kommt.
Leuchtmelder <i>Rotorarretierung zulässig (Pin lock allowed)</i>	Leuchtet, wenn der Rotorarretierungsbolzen auf das Bolzenloch ausgerichtet ist.
Leuchtmelder <i>Annäherung an Bolzenloch gegen Uhrzeigersinn (Pin hole approach ccw)</i>	Blinkt langsam, wenn der Rotor sich dem Bolzenloch gegen den Uhrzeigersinn nähert und blinkt schneller, je näher der Rotor dem Bolzenloch kommt.
Taster <i>Rotorblatt in Betriebsstellung (Pitch to work)</i>	Bewegt das Rotorblatt in Betriebsstellung (max. 70°).
Leuchtmelder <i>Manuelle Rotorblattverstellung Rotornabe aktiv (Manual pitch hub active)</i>	Leuchtet, wenn der Taster <i>Rotorblatt in Betriebsstellung (Pitch to work)</i> oder der Taster <i>Rotorblatt in Fahnenstellung (Pitch to vane)</i> aktiviert ist.
Taster <i>Rotorblatt in Fahnenstellung (Pitch to vane)</i>	Bewegt das Rotorblatt in Fahnenstellung (max. 110°).
Leuchtmelder 24V Ok	Leuchtet, wenn keine Fehler bei der 24-V-Versorgung vorliegen.
Leuchtmelder 24V USV ok (24V UPS Ok)	Leuchtet, wenn keine Fehler bei der 24-V-USV vorliegen.
Anlagendisplay	Informiert über den aktuellen Betriebszustand der Windenergieanlage und dient der Eingabe bzw. Änderung von Betriebsparametern.

5.7 Steuerschrank Transformator Gondel

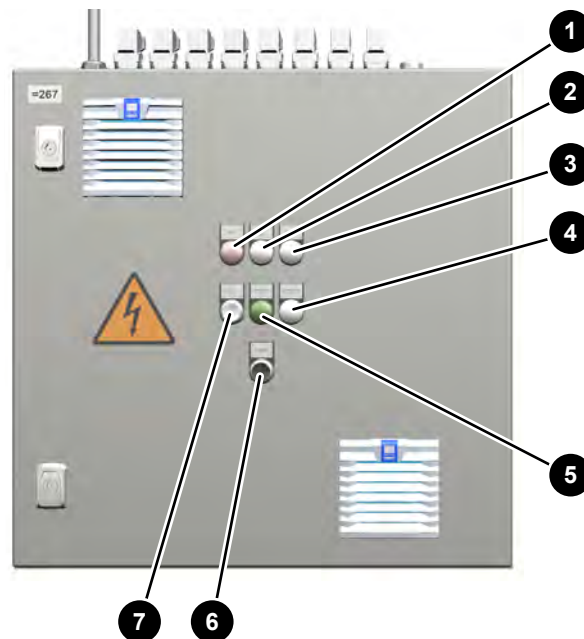


Abb. 28: Bedien- und Anzeigeelemente am Steuerschrank Transformator Gondel

1	Leuchtmelder <i>Störung (Error)</i>	2	Leuchtmelder <i>Status Kontrollsystem (Status Control system)</i>
3	Leuchtmelder <i>Automatik (Automatic)</i>	4	Leuchtmelder <i>Transformator Aus (Transformer Off)</i>
5	Leuchtmelder <i>Transformator Ein (Transformer On)</i>	6	Taster <i>Lampentest (Lamp Test)</i>
7	Taster <i>Quittieren (Reset)</i>		

Tab. 8: Bedien- und Anzeigeelemente am Steuerschrank Transformator Gondel

Element	Funktion/Bedeutung
Leuchtmelder <i>Störung (Error)</i>	Leuchtet, wenn eine Störung anliegt.
Leuchtmelder <i>Status Kontrollsystem (Status Control system)</i>	Zeigt den Status des Kontrollsystems an.
Leuchtmelder <i>Automatik (Automatic)</i>	Leuchtet, wenn die Windenergieanlage sich im Automatikbetrieb befindet.
Leuchtmelder <i>Transformator Aus (Transformer Off)</i>	Leuchtet, wenn der Transformator ausgeschaltet ist.
Leuchtmelder <i>Transformator Ein (Transformer On)</i>	Leuchtet, wenn der Transformator eingeschaltet ist.
Taster <i>Lampentest (Lamp Test)</i>	Schaltet den Beleuchtungstest in der Gondel ein.
Taster <i>Quittieren (Reset)</i>	Setzt Fehler zurück.

5.8 Beleuchtungszentrale Gondel

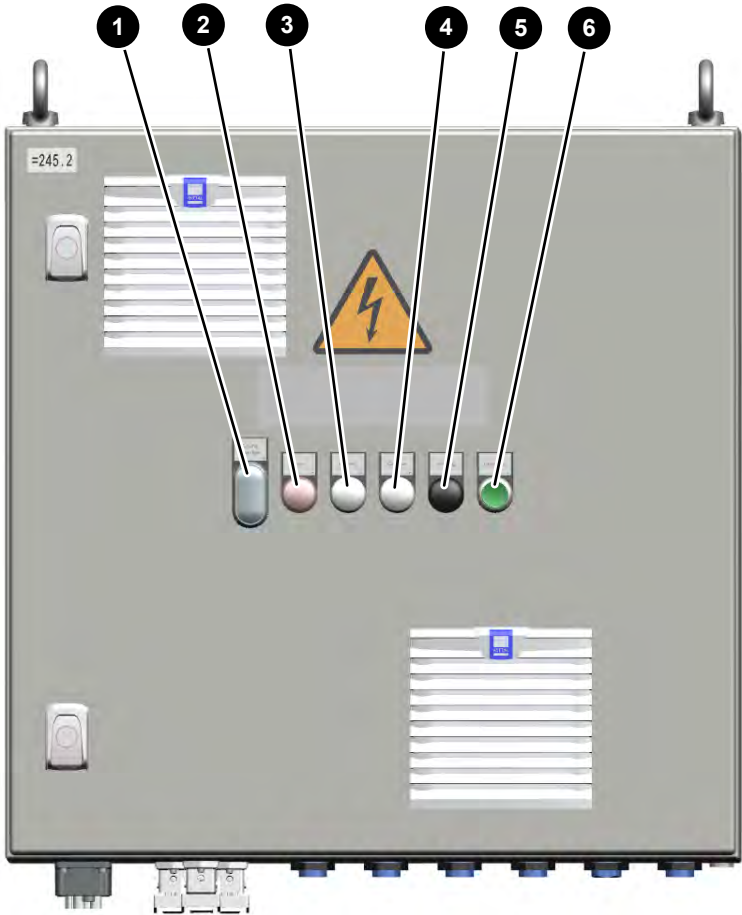


Abb. 29: Bedien- und Anzeigeelemente an der Beleuchtungszentrale Gondel

1	Doppeltaster <i>Turmaussenbeleuchtung (External tower light)</i>	2	Leuchtmelder <i>Störung (Error)</i>
3	Leuchtmelder weiß <i>Pufferung (Buffering)</i>	4	Leuchtmelder <i>Betrieb (Operation)</i>
5	Leuchtmelder schwarz <i>Pufferung (Buffering)</i>	6	Taster <i>USV Test (UPS check)</i>

Tab. 9: Bedien- und Anzeigeelemente an der Beleuchtungszentrale Gondel

Element	Funktion/Bedeutung
Doppeltaster <i>Turmaussenbeleuchtung (External tower light)</i>	Schaltet die Turmaußenbeleuchtung ein oder aus.
Leuchtmelder <i>Störung (Error)</i>	Leuchtet, wenn eine Störung bei der Lichtversorgung anliegt.
Leuchtmelder weiß <i>Pufferung (Buffering)</i>	Leuchtet, wenn die Akkuleistung für den Notstrombetrieb einen kritischen Wert unterschreitet.
Leuchtmelder <i>Betrieb (Operation)</i>	Leuchtet, wenn der Notstrombetrieb eingeschaltet ist.
Leuchtmelder schwarz <i>Pufferung (Buffering)</i>	Leuchtet, wenn der Notstrombetrieb nicht mehr möglich ist.

Element	Funktion/Bedeutung
Taster <i>USV Test (UPS check)</i>	Ermöglicht das Testen der Notstromversorgung.

5.9 Auxiliary Power Distribution Box

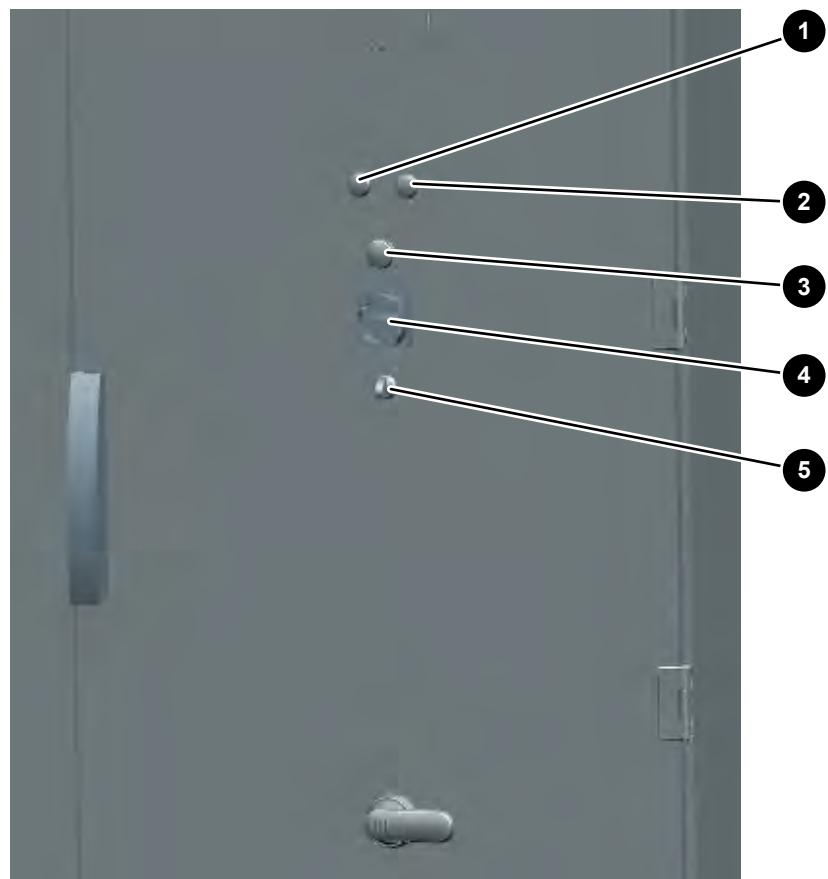


Abb. 30: Bedien- und Anzeigeelemente an der Auxiliary Power Distribution Box

1	Leuchtmelder <i>Schalt-schrankheizung (Cabinet heating)</i>	2	Leuchtmelder <i>Phasenfolge ok (Phase Sequence ok)</i>
3	Drehschalter <i>Azimutantriebe 3x 400-V-AC-Versorgung (Yaw drives 3x 400V AC supply)</i>	4	Drehschalter <i>Trennschalter Azimutantriebe (Yaw Drives Disconnect Switch)</i>
5	Drehschalter <i>Flutlicht Kran Gondel (Floodlight winch)</i>		

Tab. 10: Bedien- und Anzeigeelemente an der Auxiliary Power Distribution Box

Element	Funktion/Bedeutung
Leuchtmelder <i>Schalt-schrankheizung (Cabinet heating)</i>	Leuchtet, wenn die Schaltschrankheizung eingeschaltet ist.
Leuchtmelder <i>Phasenfolge ok (Phase Sequence ok)</i>	Leuchtet, wenn der Notstrom bereitsteht.

Element	Funktion/Bedeutung
Drehschalter <i>Azimutantriebe 3x 400-V-AC-Versorgung (Yaw drives 3x 400V AC supply)</i>	Schaltet die Stromversorgung für die Azimutantriebe an.
Drehschalter <i>Trennschalter Azimutantriebe (Yaw Drives Disconnect Switch)</i>	Schaltet die Stromversorgung für die Azimutantriebe ab.
Drehschalter <i>Flutlicht Kran Gondel (Floodlight winch)</i>	Schaltet das Flutlicht am Kran Gondel ein/aus.

5.10 Rotor Control Box und Rotor Energy Storage Box

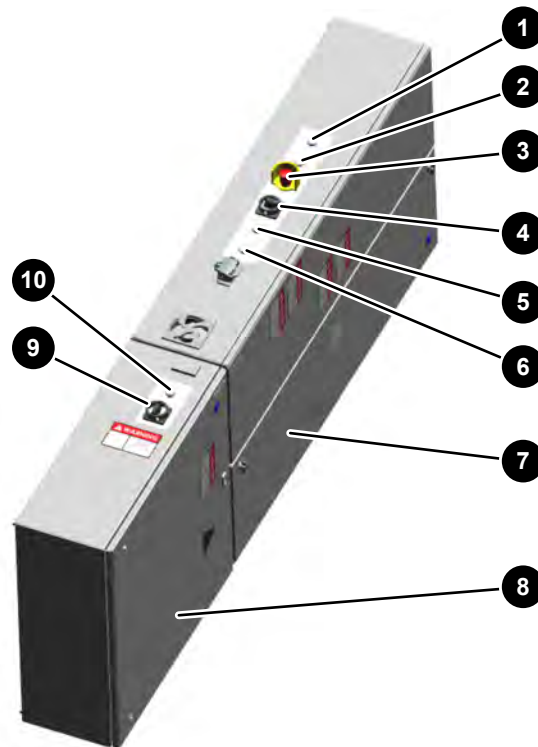


Abb. 31: Bedien- und Anzeigeelemente an der Rotor Control Box und Rotor Energy Storage Box 1 und 3

1	Leuchtmelder Zwischenkreisspannung Ok (DC Link voltage Ok)	2	Leuchtmelder Schaltschrankheizung (Cabinet heating)
3	Hauptschalter	4	Drehschalter Trennschalter Antrieb (Drive disconnect switch)
5	Leuchtmelder MPT freigegeben (MPT released)	6	Leuchtmelder MPT Trennung erlaubt (MPT disconnect allowed)
7	Rotor Control Box	8	Rotor Energy Storage Box
9	Drehschalter Trennschalter Ultracaps (Ultracaps disconnect switch)	10	Leuchtmelder Ultracaps entladen (Ultracaps discharge)

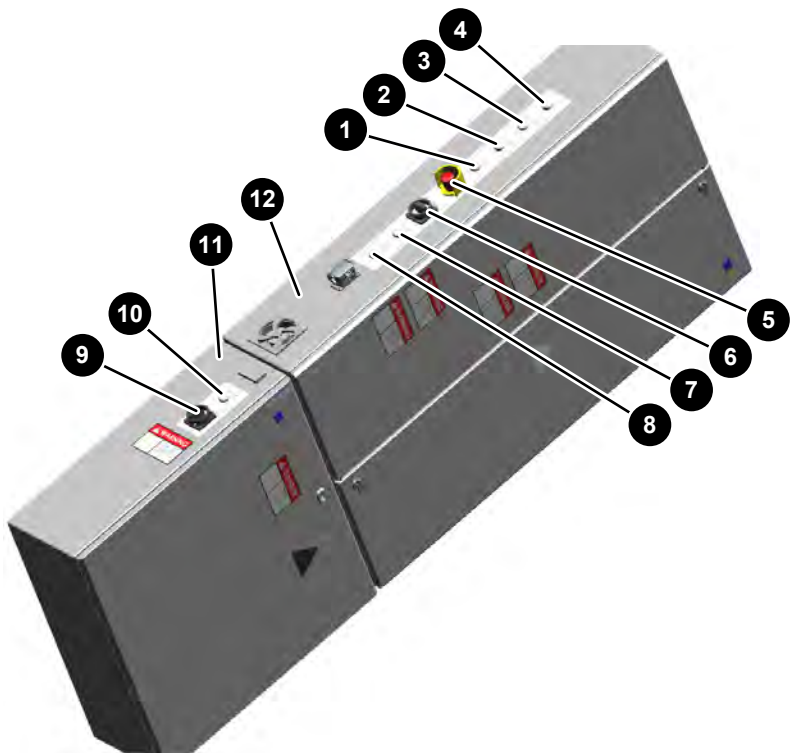


Abb. 32: Bedien- und Anzeigeelemente an der Rotor Control Box und der Rotor Energy Storage Box 2

1	Leuchtmelder <i>Schalt-schrankheizung (Cabinet heating)</i>	2	Leuchtmelder <i>Zwischen-kreissspannung Ok (DC Link voltage Ok)</i>
3	Leuchtmelder <i>24V USV ok (24V UPS Ok)</i>	4	Leuchtmelder <i>24V Ok</i>
5	Hauptschalter	6	Drehschalter <i>Trennschalter Antrieb (Drive disconnect switch)</i>
7	Leuchtmelder <i>MPT freigegeben (MPT released)</i>	8	Leuchtmelder <i>MPT Tren-nung erlaubt (MPT dis-connect allowed)</i>
9	Drehschalter <i>Trennschalter Ultracaps (Ultracaps disconnect switch)</i>	10	Leuchtmelder <i>Ultracaps ent-laden (Ultracaps discharge)</i>
11	Rotor Energy Storage Box	12	Rotor Control Box

Tab. 11: Bedien- und Anzeigeelemente der Rotor Control Box und Rotor Energy Storage Box

Element	Funktion/Bedeutung
Hauptschalter	Schaltet die jeweilige Rotor Control Box und Rotor Energy Storage Box spannungsfrei.
Drehschalter <i>Trennschalter Antrieb (Drive disconnect switch)</i>	Schaltet den Antrieb der Blattverstellmotoren ein oder aus.
Drehschalter <i>Trennschalter Ultra-caps (Ultracaps disconnect switch)</i>	Trennt die Ultracaps vom Blattverstellsystem.

Element	Funktion/Bedeutung
Leuchtmelder <i>MPT freigegeben (MPT released)</i>	Leuchtet, wenn die manuelle Blattverstellung freigegeben ist.
Leuchtmelder <i>MPT Trennung erlaubt (MPT disconnect allowed)</i>	Leuchtet, wenn die manuelle Blattverstellung getrennt werden darf.
Leuchtmelder <i>Zwischenkreisspannung Ok (DC Link voltage Ok)</i>	Leuchtet, wenn die Zwischenkreisspannung anliegt.
Leuchtmelder <i>Ultracaps entladen (Ultracaps discharge)</i>	Leuchtet, wenn die Ultracaps entladen sind.
Leuchtmelder <i>24V Ok</i>	Leuchtet, wenn keine Fehler bei der 24-V-Versorgung vorliegen.
Leuchtmelder <i>24V USV ok (24V UPS Ok)</i>	Leuchtet, wenn keine Fehler bei der 24-V-USV vorliegen.
Leuchtmelder <i>Schaltschrankheizung (Cabinet heating)</i>	Leuchtet, wenn die Schaltschrankheizung eingeschaltet ist.

5.11 Notbedienteil Aufstiegshilfe

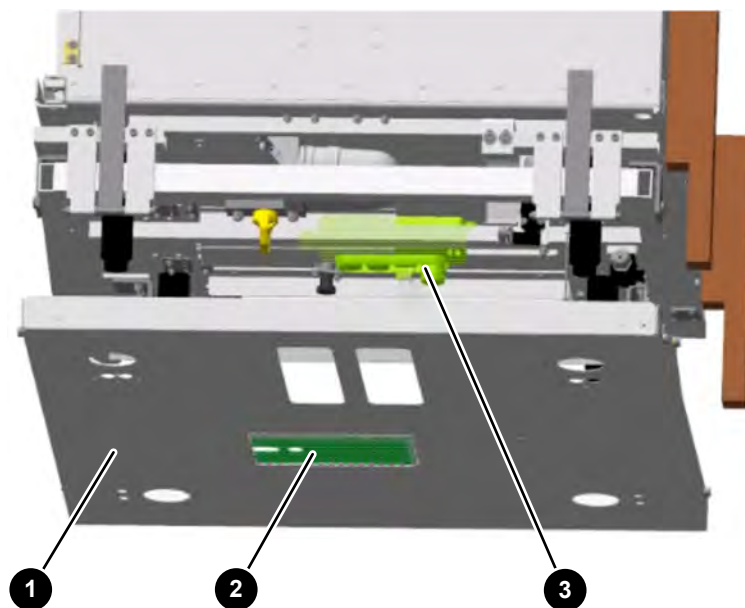


Abb. 33: Aufstiegshilfe, Ansicht von unten

1	Abdeckung Aufstiegshilfe unten, Explosionsdarstellung	2	Abdeckung für kabelgebundene Fernbedienung
3	kabelgebundene Fernbedienung		

Über die kabelgebundene Fernbedienung kann die Aufstiegshilfe von außen bedient werden, wenn eine Bedienung innerhalb der Aufstiegshilfe nicht möglich ist. Die kabelgebundene Fernbedienung hat Vorrang vor den Bedienelementen in der Aufstiegshilfe. Der Not-Halt-Taster in der Aufstiegshilfe darf nicht gedrückt sein.

Die Abdeckung für die kabelgebundene Fernbedienung ist mit einem Aufkleber gekennzeichnet. Im Notfall muss die Abdeckung geöffnet und die kabelgebundene Fernbedienung entnommen werden. Mit den beiden Tastern *Pfeil hoch* und *Pfeil runter* an der kabelgebundenen Fernbedienung kann die Aufstiegshilfe in die erforderliche Richtung bewegt werden.

5.12 Anlagendisplay

Über das Anlagendisplay können abhängig von der Zugriffsberechtigung Meldungen und Parameter eingesehen werden.
Bei einer erweiterten Zugriffsberechtigung können Meldungen und Parameter bearbeitet und Schalthandlungen durchgeführt werden.

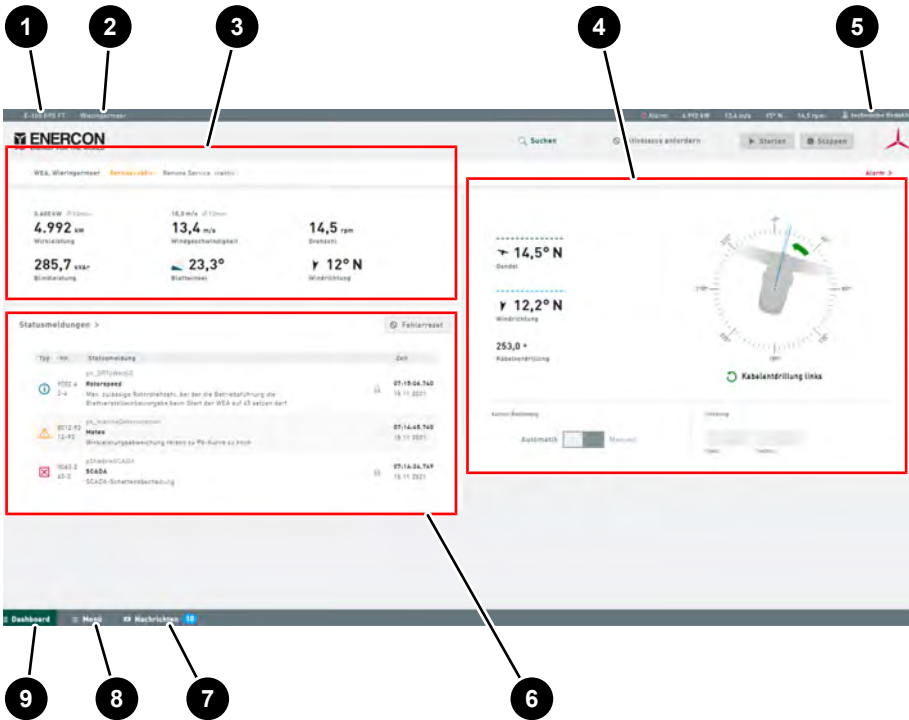


Abb. 34: Startseite

1	Windenergieanlagentyp	2	Name des Windparks
3	Bereich für allgemeine Angaben	4	Bereich für die Windnachführung
5	Benutzer	6	Bereich für Statusmeldungen
7	Schaltfläche <i>Nachrichten</i>	8	Schaltfläche <i>Menü</i>
9	Schaltfläche <i>Dashboard</i>		

Tab. 12: Startseite

Element	Funktion/Bedeutung
Windenergieanlagentyp	Zeigt den Typ der Windenergieanlage an.
Name des Windparks	Zeigt den Namen des Windparks an.

Element	Funktion/Bedeutung
Bereich für allgemeine Angaben	Zeigt u. a. den aktuellen Wert und den 10-min-Mittelwert für die erzeugte Leistung, die Windgeschwindigkeit und die Rotordrehzahl an.
Bereich für die Windnachführung	Enthält Angaben zur Windrichtung, Kabelverdrillung und aktuellen Ausrichtung der Gondel. 0° entspricht einer exakten Ausrichtung nach Norden.
Benutzer	Zeigt den eingeloggtten Benutzer an.
Bereich für Statusmeldungen	Zeigt Fehler, Warnungen und Meldungen an, die jeweils mit verschiedenen Symbolen gekennzeichnet sind.
Schaltfläche <i>Nachrichten</i>	Wechselt auf die Seite <i>Nachrichten</i> .
Schaltfläche <i>Menü</i>	Wechselt auf die Seite <i>Menü</i> .
Schaltfläche <i>Dashboard</i>	Wechselt auf die <i>Startseite</i> .

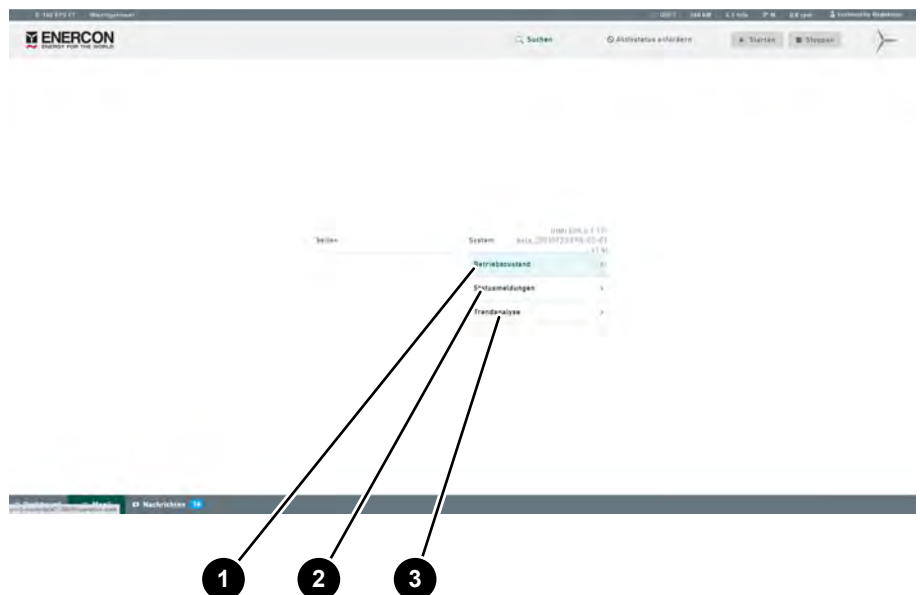


Abb. 35: Seite Menü

1	Schaltfläche <i>Betriebszustand</i>	2	Schaltfläche <i>Statusmeldungen</i>
3	Schaltfläche <i>Trendanalyse</i>		

Tab. 13: Seite Menü

Element	Funktion/Bedeutung
Schaltfläche <i>Betriebszustand</i>	Wechselt auf die Seite <i>Betriebszustand</i> .
Schaltfläche <i>Statusmeldungen</i>	Wechselt auf die Seite <i>Statusmeldungen</i> .
Schaltfläche <i>Trendanalyse</i>	Wechselt auf die Seite <i>Trendanalyse</i> .

6 Betrieb und Funktionen

6.1 Stromerzeugung und -aufbereitung

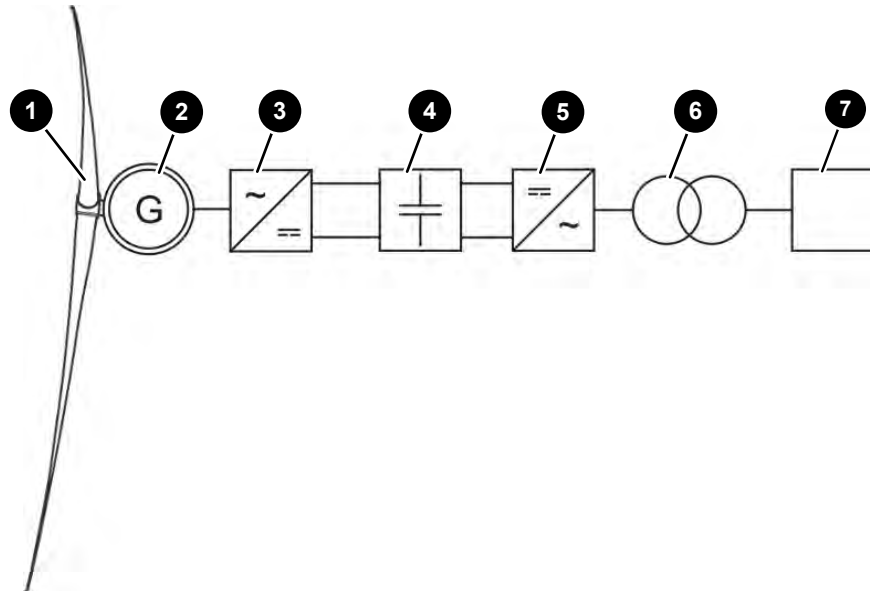


Abb. 36: Vereinfachtes elektrisches Diagramm

1	Rotor	2	Generator
3	Gleichrichter	4	Gleichspannungszwischenkreis
5	Wechselrichter	6	Transformator
7	Stromnetz		

Die Windenergieanlage arbeitet mit variabler Rotordrehzahl. 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, 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 an die 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 Windgeschwindigkeit V ist im Normalfall maßgeblich für den Betriebszustand. Die nachfolgende Tabelle zeigt, welcher Betriebszustand bei welcher Windgeschwindigkeit V zu erwarten ist. Außerdem zeigt die Tabelle, welche Rotordrehzahl R und welche erzeugte Leistung P jeweils zu erwarten ist.

Die verwendeten Bezugsgrößen für die Windgeschwindigkeit V sind:

- die Einschaltwindgeschwindigkeit V_E
- die Nennwindgeschwindigkeit V_N
- die Abregelwindgeschwindigkeit V_{AR}
- die Abschaltwindgeschwindigkeit V_{AS}

Tab. 14: Zusammenhang zwischen Windgeschwindigkeit, Betriebszustand, Rotordrehzahl und erzeugter Leistung

Windgeschwindigkeit V	Betriebszustand im Automatikbetrieb	Rotordrehzahl R	Erzeugte Leistung P
$V < V_E$	Trudelbetrieb	$R \leq$ maximale 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

Windgeschwindigkeit V	Betriebszustand im Automatikbetrieb	Rotordrehzahl R	Erzeugte Leistung P
$V > V_{AS}$	Trudelbetrieb	R = maximale Trudeldrehzahl	P = 0

Sturmregelung 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.

Weitere Faktoren 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 Rotorblattverstellung außer Funktion. Die Notverstellung der Rotorblätter bleibt aktiv. Der manuelle Betrieb ist für Wartung, Störungsbehebung und Tests vorgesehen. Die Fernüberwachung und die 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 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 Die Konfiguration FT beinhaltet verschiedene Strategien für das Durchfahren von Netzstörungen. Das Durchfahren von Netzstörungen wird auch Fault Ride Through (FRT) genannt. Bei Unter- oder Überspannung im Stromnetz läuft die Windenergieanlage zunächst weiter, ohne sich vom Stromnetz zu trennen. Mögliche 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 dem Durchfahren der Netzstörung 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.

Wenn während der Netzstörung keine Energie 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 Blindleistungsstellbereich. |
| Konfiguration FTS | Die Konfiguration FTS entspricht der Konfiguration FT, jedoch mit der Option STATCOM. STATCOM 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.

- | | |
|-----------------------------|---|
| 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 Umfang des Generator-Rotors, überwacht. Löst einer der Sensoren wegen Unterschreitung des Mindestabstands aus, hält die Windenergieanlage an. |
| Drehzahlüberwachung | Die Steuerung der Windenergieanlage regelt durch Verstellung des Blattwinkels die Rotordrehzahl so, dass die Nenndrehzahl auch bei sehr starkem Wind nicht nennenswert überschritten wird. Auf plötzlich eintretende Ereignisse, z. B. eine starke Windbö oder eine schlagartige Verringerung der Generatorlast, kann das Blattverstellungssystem jedoch unter Umständen nicht schnell genug reagieren. Wenn dann die Nenndrehzahl um einen festgelegten Wert überschritten wird, hält die Steuerung der Windenergieanlage die Windenergieanlage an. Windenergieanlagen mit selbsttätigem Neustart unternehmen nach 3 Mi- |

nuten automatisch einen Startversuch. Ist die Störung innerhalb von 24 Stunden 5-mal aufgetreten, wird ein Defekt vermutet. Es wird kein weiterer Startversuch unternommen. Windenergieanlagen, die nicht automatisch starten, können per Fernzugriff neu gestartet werden.

Wenn ein Fehler vorliegt, wird die Windenergieanlage durch eine Notverstellung der Rotorblätter angehalten.

Schwingungsüberwachung

Die Schwingungsüberwachung erkennt zu starke Schwingungen im Turmkopf 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.

Überschreiten Schwingungen das zulässige Maß, hält die Windenergieanlage an.

Ist eine Störung im Generator-Stator und Gleichrichter aufgetreten, wodurch es zu übermäßig starken Vibrationen und Erschütterungen kommt, wird dies von der Schwingungsüberwachung erkannt.

Temperaturüberwachung

Temperatursensoren messen kontinuierlich die Temperatur von Komponenten, die vor zu hohen Temperaturen geschützt werden müssen. Werden am Generator zu hohe Temperaturen gemessen, wird die Leistung der Windenergieanlage reduziert, gegebenenfalls wird die Windenergieanlage angehalten. An manchen Stellen des Generators sind zusätzlich Übertemperaturschalter angebracht. Die Übertemperaturschalter veranlassen ebenfalls das Anhalten der Windenergieanlage, nachdem eine bestimmte Temperatur überschritten wurde. Nach dem Abkühlen kann die Windenergieanlage wieder in Betrieb genommen werden, nachdem der Grund für die Überschreitung untersucht und beseitigt wurde.

Überwachung der Kabelverdrillung

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.

Überwachung der Windnachführung

Die Windnachführung wird überwacht. Wenn die Steuerung der Windenergieanlage Unregelmäßigkeiten erkennt, hält die Windenergieanlage an.

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 über das ENERCON SCADA System 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 Blattwinkel der 3 Rotorblätter sind identisch. Die Blattwinkel werden von Sensoren ermittelt.

Das Blattverstellungssystem besteht aus folgenden Bauteilen pro Rotorblatt:

- Rotor Control Box
- Rotor Energy Storage Box
- Blattflanschlager
- Blattverstellantrieb
- Sensoren für die Erfassung der Blattwinkel

Blattwinkel Nachfolgend werden ausgewählte Blattwinkel erläutert, die im Betrieb auftreten können. Die Auswahl umfasst nicht alle möglichen Blattwinkel.

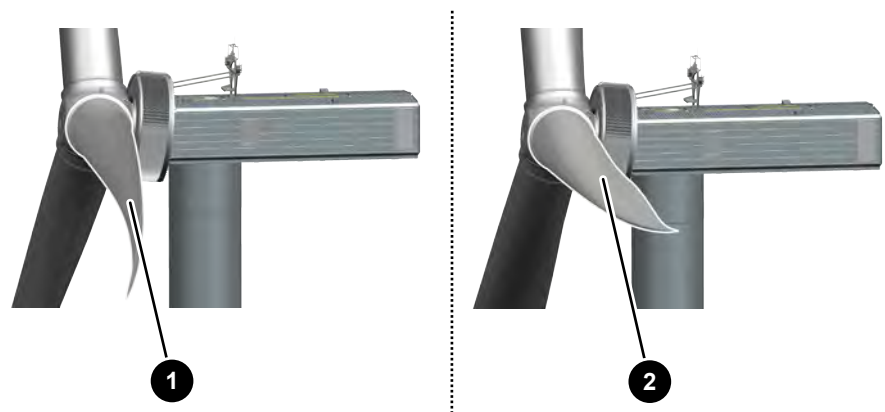


Abb. 37: Ausgewählte Blattwinkel

1 Blattwinkel ca. 0°

2 Blattwinkel ca. 90°

Tab. 15: Ausgewählte Blattwinkel

Blattwinkel	Erklärung
ca. 0°	Stellung im Teillastbetrieb. Die Rotorblätter erzeugen maximale Auftriebskraft. Der Rotor dreht sich.
ca. 90°	Fahnenstellung. Die Rotorblätter erzeugen keinen Auftrieb. Der Rotor wird aerodynamisch gebremst. Er steht still oder bewegt sich minimal.

6.8 Windnachführung

Auf dem Turmkopf befindet sich das Azimutlager mit einem außenverzahnten Zahnkranz. Das Azimutlager ermöglicht die Drehung und somit die Windnachführung der Gondel.

Ist die Abweichung zwischen der Windrichtung und der Richtung der Rotorachse größer als der vorgegebene zulässige Maximalwert, werden die Azimutantriebe eingeschaltet, die die Gondel dem Wind nachführen. Die Steuerung der Azimutmotoren gewährleistet ein sanftes Anlaufen und Bremsen. Die Steuerung der Windenergieanlage überwacht die Windnachführung. Erkennt die Steuerung der Windenergieanlage Unregelmäßigkeiten, wird die Windnachführung deaktiviert und die Windenergieanlage angehalten.

6.9 Kabelentdrillung

Die aus der Gondel hinabführenden Kabel werden zunächst zugentlastet über eine Umlenkvorrichtung geführt, bevor sie zentral im Turm mit Seilen geführt werden. Die Kabel haben dadurch so viel Bewegungsspielraum, dass sich die Gondel aus der Neutralstellung in beiden Richtungen bis zu 1,5-mal um die eigene Achse drehen und dabei die Kabel verdrillen kann.

Wenn sich die Gondel 1,5-mal aus der Neutralstellung in dieselbe Richtung gedreht hat, wird eine Kabelentdrillung durch die Steuerung der Windenergieanlage veranlasst. Die Windenergieanlage wird angehalten und die Gondel dreht um 1,5 Umdrehungen zurück.

Sind die Kabel entdrillt, nimmt die Windenergieanlage den Betrieb automatisch wieder auf. Die Sensorik für die Kabelentdrillung besteht aus einem Drehgeber. Zusätzlich sind je ein linker und ein rechter Endschalter montiert, die ein Weiterdrehen verhindern und ein Überschreiten des zulässigen Stellbereichs melden. Sollte einer dieser Endschalter auslösen, wird die Sicherheitskette aktiviert, die Windenergieanlage hält an und startet nicht automatisch neu.

6.10 Beleuchtung

Die Leuchten in der Windenergieanlage sind entlang aller Wege vom Rotor bis zum Turmfuß montiert. Somit ist eine ausreichende Beleuchtung sichergestellt. Im Falle einer Netzunterbrechung wird die

für die Orientierung notwendige Beleuchtung für mindestens 1 Stunde aufrechterhalten, sodass genügend Zeit zum Abstieg aus der Gondel und zum Verlassen der Windenergieanlage bleibt.

Um die Sicht bei Arbeiten in der Windenergieanlage zu verbessern, werden zusätzlich zu den akkumulatorgestützten Leuchten auch Scheinwerfer eingesetzt. Die Scheinwerfer sind in der Gondel und am Gondeleinstieg installiert. Die Scheinwerfer fallen bei einer Netzunterbrechung aus.

Die Beleuchtungszentrale Gondel befindet sich im Maschinenhaus. Die Beleuchtungszentrale Turmfuß befindet sich in der Tower Base Control Unit. Der Schalter für die Turminnenbeleuchtung befindet sich innen neben der Zugangstür der Windenergieanlage.

6.11 Erwärmung elektrischer Komponenten

Einige Komponenten, z. B. die Notstromversorgung des Blattverstellungssystems, die Windmessgeräte, der Generator sowie diverse Schaltschränke und die Umrichter 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. Die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit werden von Sensoren erfasst. Die Steuerung regelt die Erwärmung der Komponenten. Zur Erwärmung der Schaltschränke werden Schaltschrankheizungen eingesetzt.

An das Flüssigkeitskühlsystem im Maschinenhaus angeschlossene Leistungskomponenten können auch durch die Erwärmung des Kühlmediums gewärmt werden.

6.12 Kühlung der Mittelspannungskomponenten und der Leistungselektronik

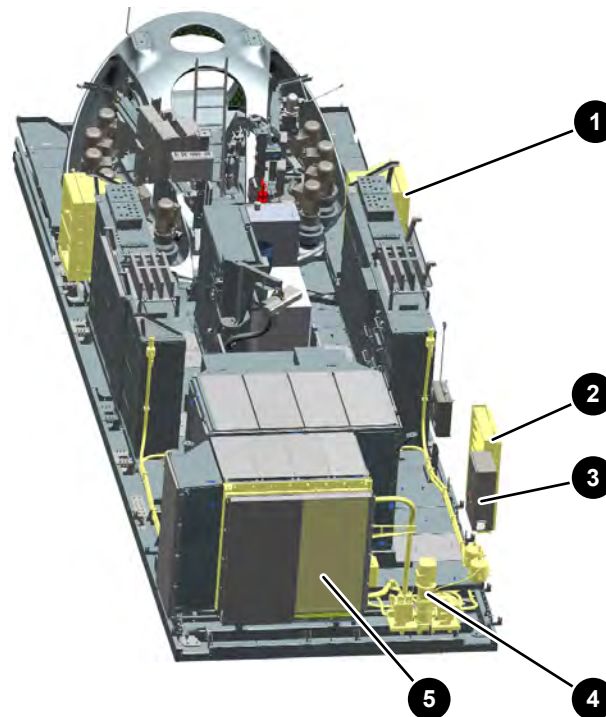


Abb. 38: Kühlsystem im Maschinenhaus

1	Lufteinlass Maschinenhaus	2	Luftauslass Maschinenhaus
3	Cooling Control Box	4	Leitungen des Flüssigkeitskühlsystems
5	Cooling System Unit		

Die Mittelspannungskomponenten und die Komponenten der Leistungselektronik im Maschinenhaus der Windenergieanlage erzeugen im Betrieb Wärme und müssen gekühlt werden. Die Wärme wird abgeführt. Im Maschinenhaus gibt es ein Flüssigkeitskühlsystem für die Mittelspannungs- und Leistungselektronik. Das Flüssigkeitskühlsystem im Maschinenhaus ist ein geschlossenes Kühlsystem, bei dem die Mittelspannungs- und Leistungselektronik mithilfe von Kühlflüssigkeit gekühlt wird. Die erwärmte Kühlflüssigkeit wird mithilfe kühler Außenluft in der Cooling System Unit auf der Rückseite des Maschinenhauses rückgekühlt. Das Flüssigkeitskühlsystem kann durch die Cooling Control Box im hinteren Teil des Maschinenhauses gesteuert werden.

Das Maschinenhausinnere wird auch mit Luft gekühlt. Durch je 2 Lüfter an den Seiten im vorderen Teil des Maschinenhauses wird kühle Außenluft in das Innere des Maschinenhauses gesogen. Die kühle Luft durchströmt das Maschinenhaus und wird anschließend durch Öffnungen im hinteren Teil des Maschinenhauses abgeführt.

6.13 Generatorkühlung

Der Generator der Windenergieanlage erzeugt im Betrieb Wärme und muss gekühlt werden. Dazu wird Luft an der Unterseite des Maschinenhauses angesaugt und über Schläuche in den Generator geleitet. Der Generator wird so von innen aktiv gekühlt. Die erwärmte Luft wird anschließend durch den Spalt zwischen Generator und Rotorkopf abgegeben.

Durch die Kühlrippen an der Außenseite des Generators wird der Generator passiv gekühlt. Die Kühlrippen bilden eine große Oberfläche, die vom Wind umströmt wird. So kann die entstandene Wärme an den natürlichen Luftstrom abgegeben werden.

6.14 Eisansatzerkennung

An Rotorblättern von Windenergieanlagen kommt es bei bestimmten Witterungsverhältnissen zur Bildung von Eis, Raureif oder Schneeablagerungen. Voraussetzung ist in der Regel eine hohe Luftfeuchtigkeit bzw. Regen oder Schneefall bei Temperaturen dicht unter dem Gefrierpunkt. Eis- und Reifablagerungen führen zu Unwuchten am Rotor der Windenergieanlage. Eisstücke können sich von den Rotorblättern lösen und Personen und Gegenstände gefährden (Eisfall bzw. Eiswurf).

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 Maßnahmen zur Eisansatzerkennung erforderlich sind. Für diese Fälle können optionale externe Eisansatzerkennungssysteme eingesetzt werden. Die projektspezifische Verwendbarkeit der externen Eisansatzerkennungssysteme muss vorab geprüft werden. Folgende Systeme sind verfügbar:

- Eisansatzerkennung Wölfel (Firma Wölfel)

Sofern trotz Einsatzes eines Eisansatzerkennungssystems noch Restrisiken bestehen, muss der Betreiber geeignete Schutzmaßnahmen ergreifen.

Weitere Dokumente zu verfügbaren externen Eisansatzerkennungssystemen sind im Verzeichnis *Mitgeltende Dokumente* zu finden.

6.14.1 Eisansatzerkennung Wölfel

Das Wölfel-Eisansatzerkennungssystem erkennt Eisdicken an Rotorblättern von Windenergieanlagen durch eine Frequenzanalyse der Rotorblattschwingungen mittels piezoelektrischer zweidimensionaler Beschleunigungssensoren. Es wird mindestens ein Beschleunigungssensor innerhalb jedes Rotorblatts auf einer Montageplatte und eine Basisstation im Rotorkopf installiert. Die Basisstation beinhaltet eine Datenerfassungseinheit und eine Datenverarbeitungseinheit. Die Datenerfassung erfolgt kontinuierlich, um jederzeit Aussagen zum aktuellen Rotorblattzustand bereitstellen zu können. Das Wölfel-Eisansatzerkennungssystem funktioniert ab einer Windgeschwindigkeit von

ca. 3,0 m/s unabhängig vom Windenergieanlagenbetrieb, auch bei Stillstand der Windenergieanlage. Das Wölfel-Eisansatzerkennungssystem ist von DNV zertifiziert.

Das Eisansatzerkennungssystem kann die Windenergieanlage automatisch anhalten und starten. Ob ein automatischer Wiederanlauf zulässig ist, ist abhängig von der Konfiguration, der Standortbetrachtung und der Risikobeurteilung.

6.15 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 Ausrichtung der Gondel kann von einer Person mit der Qualifikationsstufe C konfiguriert werden.

6.16 Ausrüstung für extremes Klima

Durch die Verwendung spezieller Komponenten wird der Umgebungstemperaturbereich erweitert, in dem die Windenergieanlage elektrische Energie erzeugen kann. Informationen zum erweiterten Temperaturbereich sind im Kapitel *Technische Daten* zu finden.

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 Maschinenhaus
- geänderte Leistungskennlinie

Die Verfügbarkeit der möglichen Windenergieanlagenkonfigurationen für Cold-Climate-Standorte ist abhängig von der Zertifizierung der Windenergieanlage mit Cold-Climate-Ausrüstung. Die Verfügbarkeit kann beim ENERCON Vertrieb angefragt werden.

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 CO₂-Handfeuerlöschern in der Gondel und im Turmfuß. Weitere Informationen zu Anzahl und Positionen der Feuerlöscher sind im Dokument D0648865 „Technisches Datenblatt Installationsorte der Feuerlöscher“ zu finden.
- Einsatz automatischer Löschsysteme zur Bekämpfung eines Entstehungsbrands.
- Einsatz einer sensorischen Überwachung.

Sensorische Überwachung

Mögliche Zündquellen in der Windenergieanlage werden laufend durch Sensoren überwacht.

Zur Detektion von Bränden werden Rauchschalter im Maschinenhaus und in der Tower Base Control Unit eingesetzt. Weitere Informationen zu Anzahl und Positionen der Rauchschalter sind im Dokument D0701831 „Technisches Datenblatt Installationsorte der Rauchschalter“ zu finden. Wenn ein Sensor eine sicherheitsrelevante Störung wie z. B. Überhitzung oder Rauch erkennt, wird die Windenergieanlage gedrosselt oder 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 akustische Warnsignale in der Gondel 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 zweiter Fluchtweg führt mit einem verfügbaren Rettungsgerät durch die Kranluke im hinteren Bereich der Gondel nach draußen. Über diesen 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. Zusätzlich wird das Energieversorgungsunternehmen verständigt. Der ENERCON Service ist täglich 24 Stunden erreichbar.

Schutzmaßnahmen während der Wartung

Die Windenergieanlage wird in regelmäßigen Abständen, je nach Anforderung mindestens 1-mal jährlich, gewartet und dabei 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 in der Aufstiegshilfe und im Maschinenhaus ein.

Entstehungsbrände können mit den vorhandenen CO₂-Feuerlöschern im Turmfuß und im Maschinenhaus gelöscht werden. Für den Brandfall sind alle ggf. benötigten Informationen zur Windenergieanlage (Koordinaten, Anfahrsbeschreibung, 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 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 weiträumig 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 aus wird der Blitzstrom über Ableitungseinrichtungen 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 Schalloptimierung

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

6.20 Schattenabschaltung

Die Schattenabschaltung dient dazu, die Windenergieanlage bedarfsgerecht anzuhalten 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 basiert auf einem geometrischen System. In der Schattenabschaltung werden die projektspezifischen Daten wie die Koordinaten, Nabenhöhen und Rotordurchmesser der Windenergieanlagen am Standort hinterlegt. Zudem werden die zu schützenden Immissionsorte und die zulässigen Schattenwurfkontingente definiert.

Unter Berücksichtigung der angeschlossenen Lichtsensorik und der Betriebsdaten der Windenergieanlagen ermittelt die Schattenabschaltung die erforderlichen Informationen und sendet die Start- und Stoppsignale über das ENERCON SCADA System an die Windenergieanlagen.

6.21 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.

6.21.1 Befeuerung

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

Die Befeuerungsleuchten sind auf dem Gondeldach 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.

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.

Parksynchronisation

Blinkende Gondelbefeuerungsleuchten von Windenergieanlagen können innerhalb eines Windparks zentral über einen Parkrechner synchronisiert werden. Mehrere Windparks können über ein GPS-System der einzelnen Parkrechner synchronisiert werden.

Lichtstärkenregelung

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.

Fernüberwachung

Warn- und Störmeldungen der Befeuerung werden automatisch über das 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.

6.21.2 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

chen Kennzeichnung richtet sich nach der Regelung am jeweiligen Standort. Sie kann durch farbige Streifen am Rotorblatt, an der Gondel oder am Turm realisiert werden.

6.22 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 die maximale Wirkleistung begrenzt 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, wird von der Steuerung die maximale Wirkleistung übernommen. Die Windenergieanlage wird entsprechend abgeregelt.

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

6.23 Sturmregelung

Die Sturmregelung ermöglicht den Betrieb der Windenergieanlage auch bei sehr hohen Windgeschwindigkeiten, jedoch mit reduzierter Rotordrehzahl und Leistung. Zudem hat die Sturmregelung einen positiven Einfluss auf die Stabilität des Stromnetzes, da die Windenergieanlage die Leistungseinspeisung allmählich reduziert und nicht abrupt einstellt.

Oberhalb einer festgelegten Windgeschwindigkeit wird die Drehzahl mit weiter steigender Windgeschwindigkeit linear bis auf die Truedrehzahl heruntergeregelt, 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 die Windenergieanlage wieder Leistung ins Stromnetz ein.

7 Bedienung

7.1 Bedienung vorbereiten

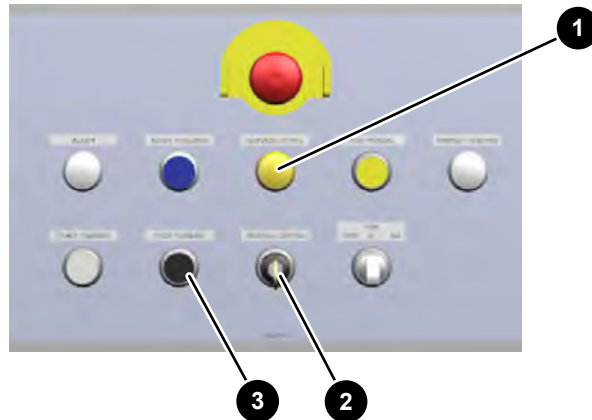


Abb. 39: Bedien- und Anzeigeelemente am Tower Control Panel

1	Leuchtmelder <i>Wartung aktiv (Service active)</i>	2	Leuchtdrehtaster <i>Wartung Aus/Ein (Service Off/On)</i>
3	Taster <i>Windenergieanlage stoppen (Stop turbine)</i>		

1. Die Windenergieanlage betreten und die Beleuchtung im Turm einschalten. Dazu die beiden nebeneinanderliegenden Taster für die Beleuchtung im Eingangsbereich der Windenergieanlage betätigen.
2. Die Fernüberwachung unterdrücken. Dazu am Tower Control Panel den Leuchtdrehtaster *Wartung Aus/Ein (Service Off/On)* auf *Ein (On)* stellen.
 - ↪ Die Windenergieanlage schaltet in den Wartungsmodus.
 - ↪ Der Leuchtmelder *Wartung aktiv (Service active)* leuchtet.
3. Die Windenergieanlage anhalten. Dazu am Tower Control Panel den Taster *Windenergieanlage stoppen (Stop turbine)* betätigen.
4. Warten, bis die Rotorblätter in Fahnenstellung sind.
5. Vor dem Betreten der Gondel die Beleuchtung einschalten. Dazu den Drehschalter *Licht- und Präsenzscharter Gondel (Nacelle light and presence switch)* im Zugangsbereich zur Gondel auf die Schalterstellung *Ein (On)* stellen.

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 zum Wind stehen lassen.

- ✓ Die Bedienung ist vorbereitet.
- ✓ Die Rotorblätter befinden sich in der Fahnenstellung.
- ✓ Am Tower Control Panel leuchtet der Leuchtmelder *Wartung aktiv* (Service active).

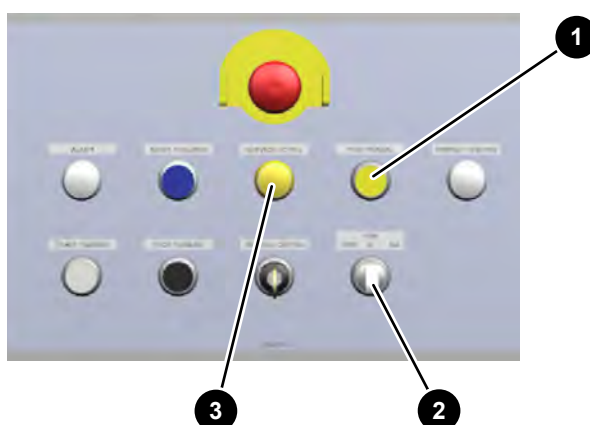


Abb. 40: Bedien- und Anzeigeelemente am Tower Control Panel

1	Taster Windnachführung manuell (Yaw manual)	2	Drehschalter Windnachführung links/0/rechts (Yaw CCW/0/CW)
3	Leuchtmelder Wartung aktiv (Service active)		

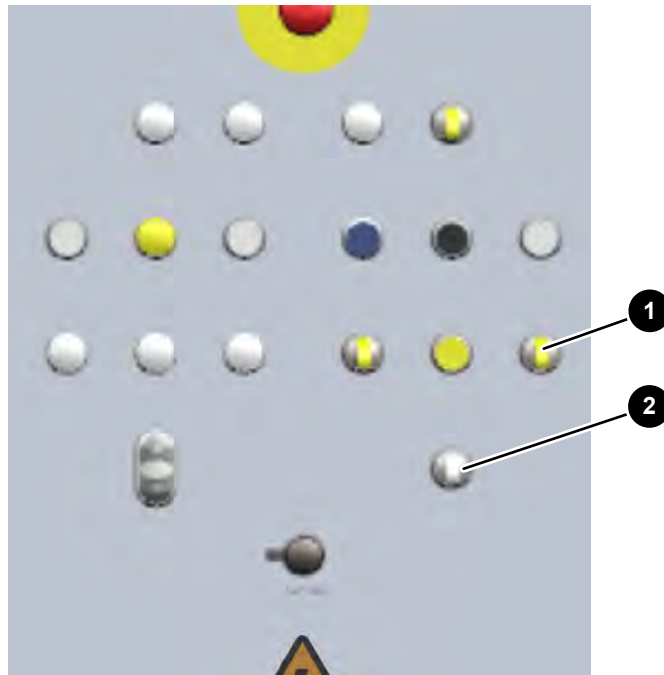


Abb. 41: Bedien- und Anzeigeelemente an der Nacelle Control Box

1	Drehschalter <i>Windnachführung manuell (Yaw manual)</i>	2	Drehschalter <i>Windnachführung links/0/rechts (Yaw CCW/0/CW)</i>
---	--	---	---

1. Am Tower Control Panel den Taster *Windnachführung manuell (Yaw manual)* innerhalb von 2 s 5-mal oder an der Nacelle Control Box den Drehschalter *Windnachführung manuell (Yaw manual)* betätigen.
 ↳ Die Windnachführung schaltet von automatischem auf manuellen Betrieb um.
2. Am Tower Control Panel oder an der Nacelle Control Box den Drehschalter *Windnachführung links/0/rechts (Yaw CCW/0/CW)* nach links oder rechts drehen, bis die Zielposition der Gondel erreicht ist.

7.3 Windenergieanlage starten



Nach einem Netzausfall prüft die Steuerung der Windenergieanlage 10 min lang die Windgeschwindigkeit, bevor die Windenergieanlage gestartet wird.

- ✓ Die Maschinenhausluke und die Durchstiegsluke im Turm sind geschlossen.
- ✓ Die Rotorarretierung ist gelöst.
- ✓ Die Rotorhaltebremse ist gelöst.

Die nachfolgenden Voraussetzungen werden automatisch geprüft, nachdem der Taster *Windenergieanlage starten (Start turbine)* gedrückt wurde.

- ✓ Alle Ursachen für Störungen sind beseitigt.
- ✓ Alle Not-Halt-Taster sind entriegelt.
- ✓ Die Gondel ist so ausgerichtet, dass der Azimutwinkel zur aktuellen Windrichtung zwischen -15° und $+15^\circ$ liegt.
- ✓ Die Rotorblätter befinden sich in Fahnenstellung.

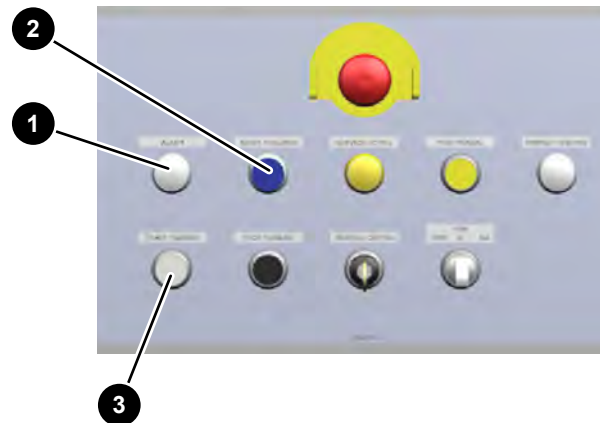


Abb. 42: Bedien- und Anzeigeelemente am Tower Control Panel

1	Leuchtmelder <i>Alarm</i>	2	Taster <i>Fehler quittieren (Reset failures)</i>
3	Taster <i>Windenergieanlage starten (Start turbine)</i>		

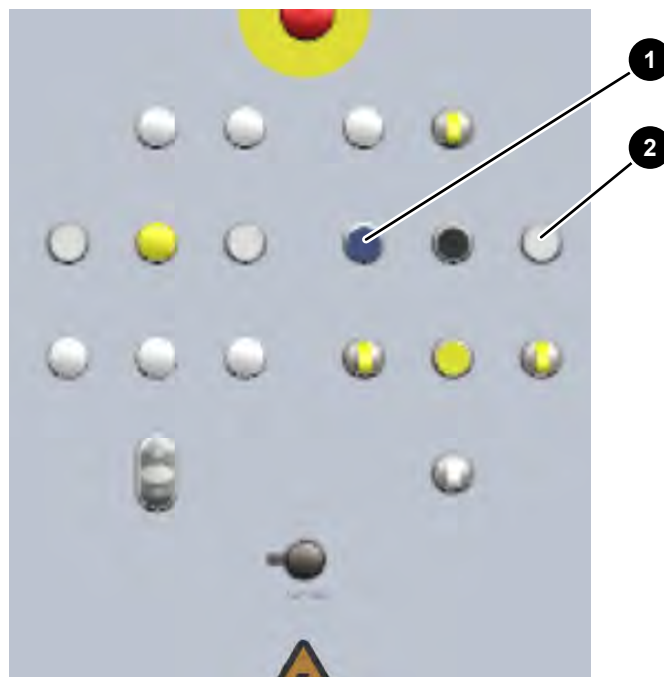


Abb. 43: Bedien- und Anzeigeelemente an der Nacelle Control Box

1	Taster <i>Fehler quittieren (Reset failures)</i>	2	Taster <i>Windenergieanlage starten (Start turbine)</i>
---	--	---	---

1. Am Tower Control Panel prüfen, ob der Leuchtmelder *Alarm* leuchtet. Wenn der Leuchtmelder *Alarm* leuchtet, am Tower Control Panel oder an der Nacelle Control Box den Taster *Fehler quittieren (Reset failures)* betätigen.

- 2. Am Tower Control Panel oder an der Nacelle Control Box den Taster *Windenergieanlage starten (Start turbine)* betätigen.
- ↪ Der automatische Startvorgang wird ausgeführt.

7.4 Windenergieanlage anhalten

- ✓ Die Windenergieanlage befindet sich im Automatikbetrieb.

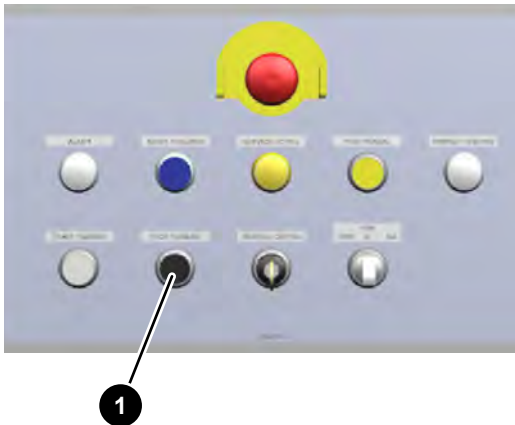


Abb. 44: Bedien- und Anzeigeelemente am Tower Control Panel

1	Taster <i>Windenergieanlage stoppen (Stop turbine)</i>		
---	--	--	--

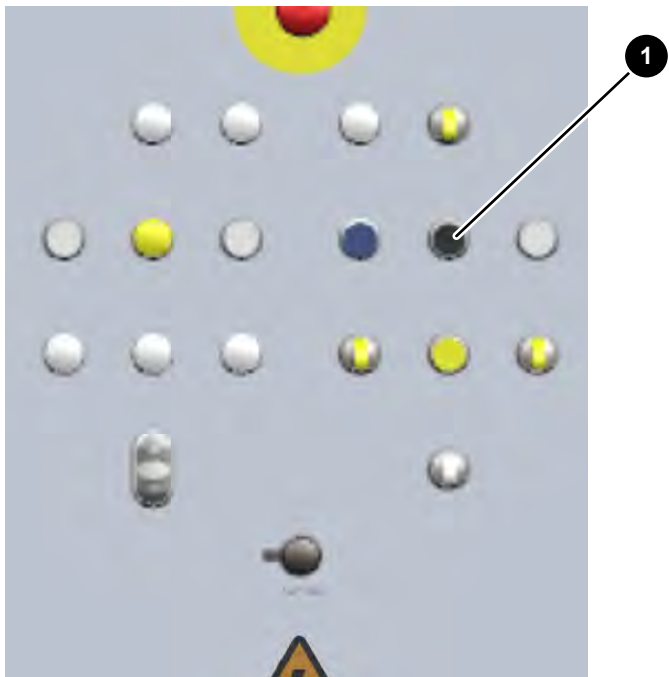


Abb. 45: Bedien- und Anzeigeelemente an der Nacelle Control Box

1	Taster <i>Windenergieanlage stoppen (Stop turbine)</i>		
---	--	--	--

1. Am Tower Control Panel oder an der Nacelle Control Box den Taster *Windenergieanlage stoppen (Stop turbine)* betätigen.
- ↪ Die Rotorblätter werden in Fahnenstellung gedreht und die Windenergieanlage wird aerodynamisch angehalten.

7.5 Rotorblätter in den Wind drehen

- ✓ Die Bedienung ist vorbereitet.
- ✓ Die Rotorblätter befinden sich in der Fahnenstellung.
- ✓ Am Tower Control Panel leuchtet der Leuchtmelder *Wartung aktiv (Service active)*.

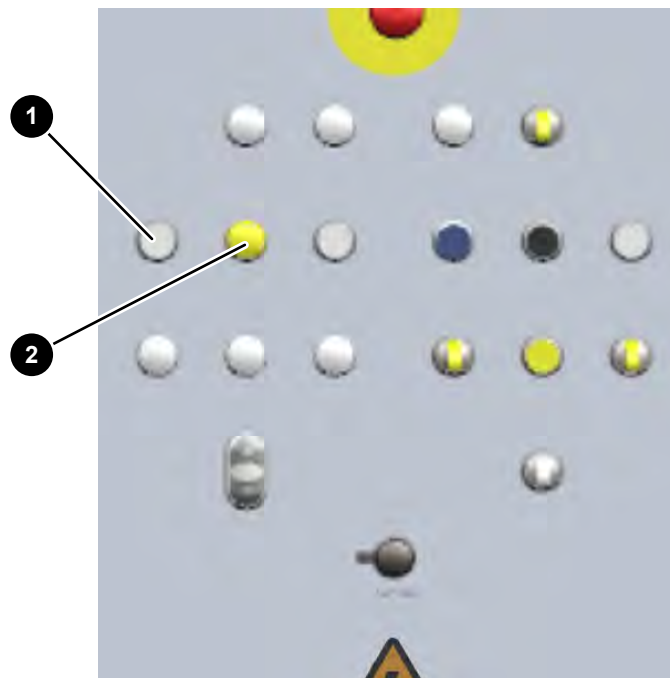


Abb. 46: Bedien- und Anzeigeelemente an der Nacelle Control Box

1	Taster <i>Rotorblatt in Betriebsstellung (Pitch to work)</i>	2	Leuchtmelder <i>Manuelle Rotorblattverstellung Rotornabe aktiv (Manual pitch hub active)</i>
---	--	---	--

1. An der Nacelle Control Box den Taster *Rotorblatt in Betriebsstellung (Pitch to work)* betätigen.
- ↪ Der Leuchtmelder *Manuelle Rotorblattverstellung Rotornabe aktiv (Manual pitch hub active)* leuchtet.
- ↪ Die Rotorblätter drehen in den Wind.

7.6 Rotorblätter aus dem Wind drehen

- ✓ Die Bedienung ist vorbereitet.
- ✓ Die Rotorblätter befinden sich in der Betriebsstellung.
- ✓ Am Tower Control Panel leuchtet der Leuchtmelder *Wartung aktiv (Service active)*.

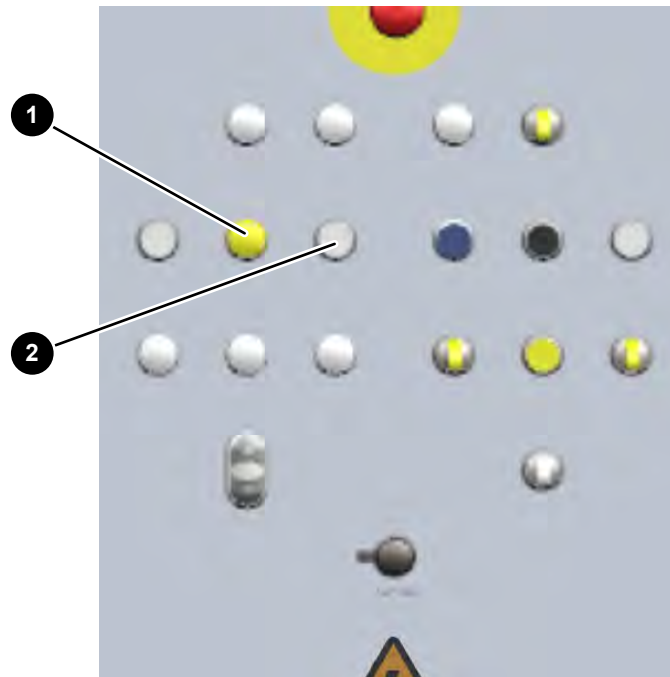


Abb. 47: Bedien- und Anzeigeelemente an der Nacelle Control Box

1	Leuchtmelder <i>Manuelle Rotorblattverstellung Rotornabe aktiv (Manual pitch hub active)</i>	2	Taster <i>Rotorblatt in Fahnenstellung (Pitch to vane)</i>
---	--	---	--

1. An der Nacelle Control Box den Taster *Rotorblatt in Fahnenstellung (Pitch to vane)* betätigen.
 - ↪ Der Leuchtmelder *Manuelle Rotorblattverstellung Rotornabe aktiv (Manual pitch hub active)* leuchtet.
 - ↪ Die Rotorblätter drehen aus dem Wind.

7.7 Störmeldung quittieren

- i** Störmeldungen können ggf. auch mittels Fernüberwachung quittiert werden. Ein Quittieren sicherheitsrelevanter Störungen ist nur vor Ort möglich.

✓ Die Ursache der Störmeldung ist beseitigt.



Abb. 48: Bedien- und Anzeigeelemente am Tower Control Panel

- | | |
|---|--|
| 1 | Taster <i>Fehler quittieren</i> (Reset failures) |
|---|--|

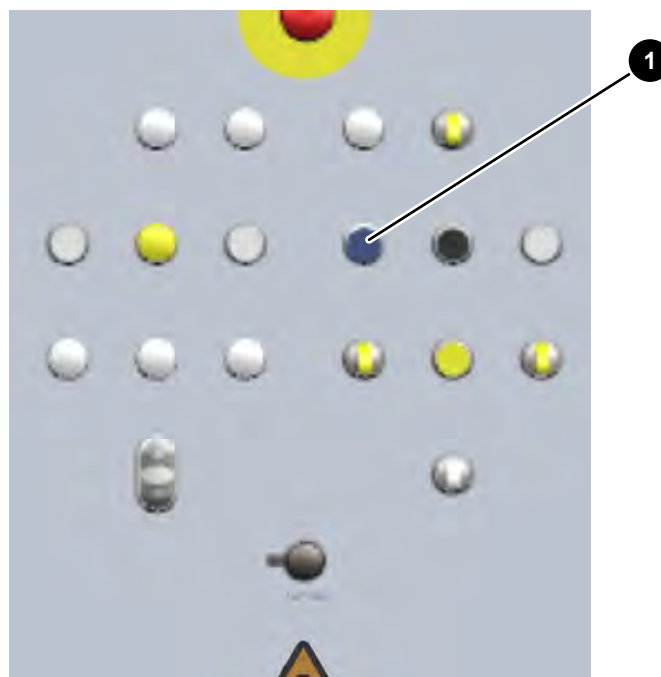


Abb. 49: Bedien- und Anzeigeelemente an der Nacelle Control Box

- | | |
|---|--|
| 1 | Taster <i>Fehler quittieren</i> (Reset failures) |
|---|--|

1. Abhängig vom Ort der Anzeige der Störmeldung am Tower Control Panel oder an der Nacelle Control Box den Taster *Fehler quittieren* (Reset failures) betätigen.
- ↪ Die Störmeldung wird aus dem Meldesystem der Steuerung der Windenergieanlage gelöscht und der Betrieb der Windenergieanlage kann fortgesetzt werden.

7.8 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 Rotorarretierung durchführen.



ACHTUNG

Schäden durch falsches Arretieren des Rotors

Falsches Arretieren des Rotors kann die Rotorarretierung beschädigen.

- ⇒ Die Rotorarretierung darf ausschließlich von eingewiesenem Personal betätigt werden.
- ⇒ Die Rotorarretierung nicht betätigen, solange sich der Rotor dreht.
- ⇒ Die Rotorarretierung nicht betätigen, wenn die Windgeschwindigkeit größer als 16 m/s ist.

✓ Die Bedienung ist vorbereitet.

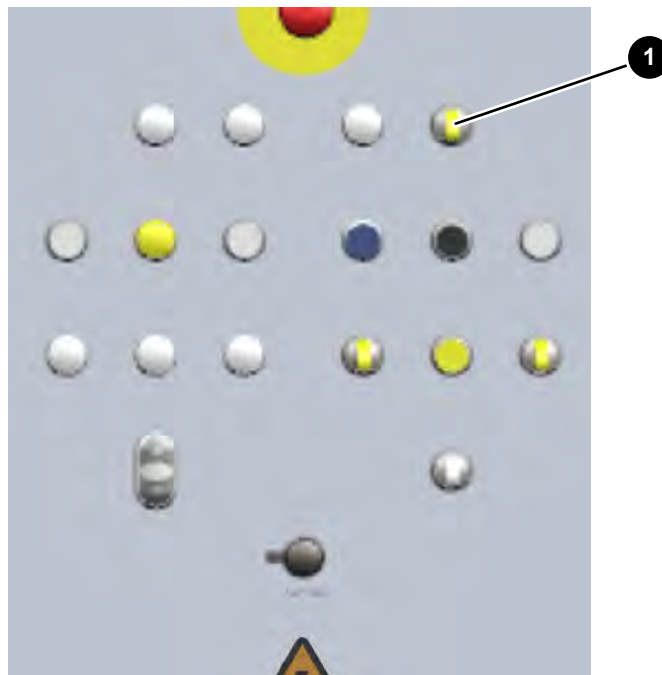


Abb. 50: Bedien- und Anzeigeelemente an der Nacelle Control Box

- | | |
|---|--|
| 1 | Drehschalter <i>Wartung Ein/Aus</i> (Service On/Off) |
|---|--|

1. An der Nacelle Control Box den Drehschalter *Wartung Ein/Aus* (Service On/Off) auf *Ein* (On) drehen.

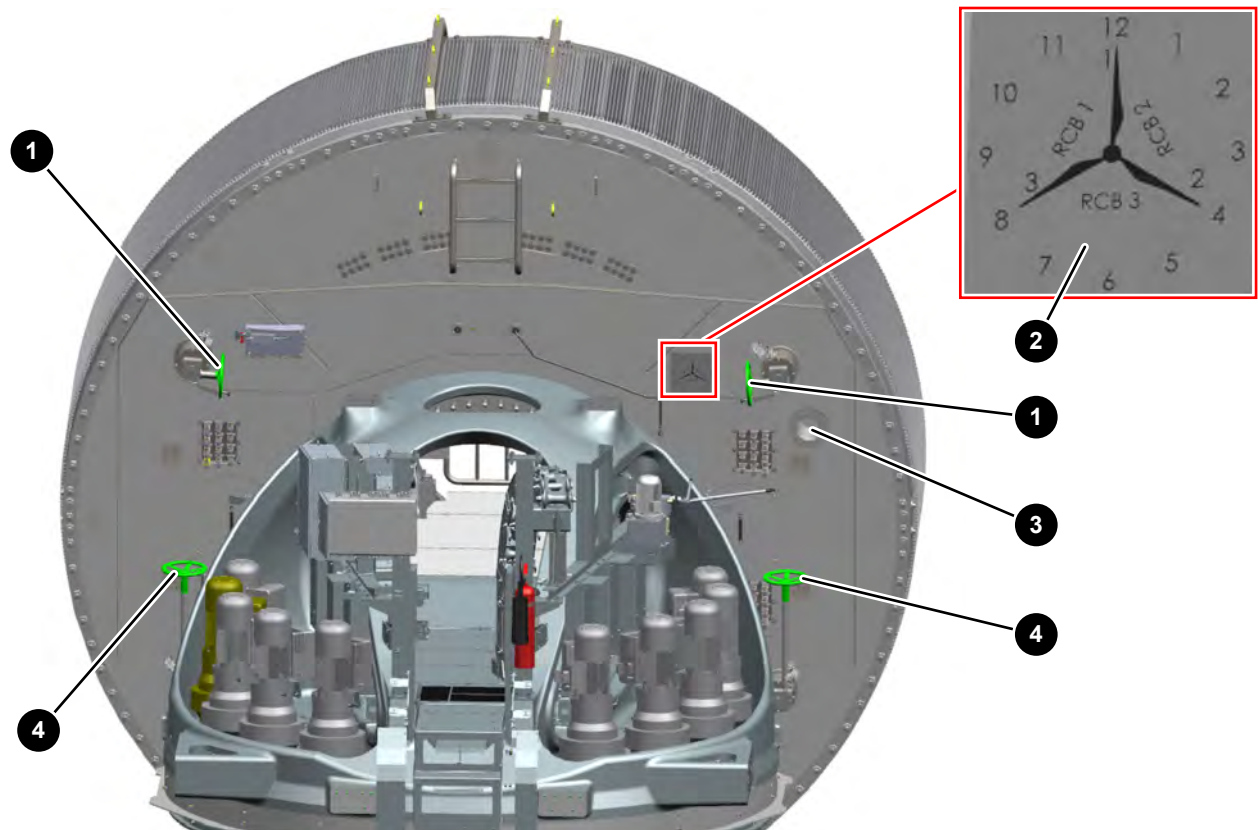


Abb. 51: Ansicht des Generators, Maschinenhausseite

1	2x oberes Handrad (grün dargestellt)	2	Schild für Arretierungsposition
3	Sichtfenster	4	2x unteres Handrad (grün dargestellt)

2. Die Arretierungsposition ermitteln. Dazu das Schild für Arretierungsposition beachten.

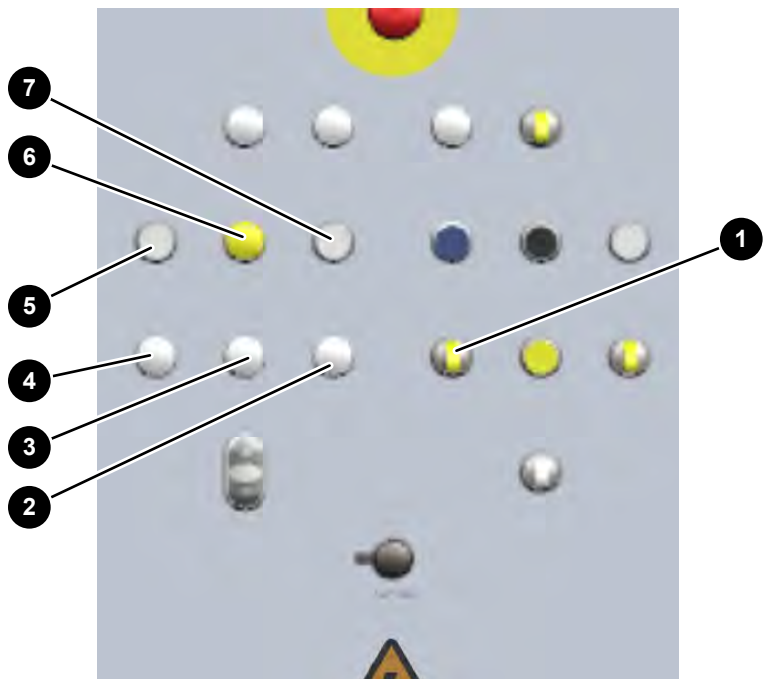


Abb. 52: Bedien- und Anzeigeelemente an der Nacelle Control Box

1	Drehschalter <i>Rotorhaltebremse (Rotor brake)</i>	2	Leuchtmelder <i>Annäherung an Bolzenloch im Uhrzeigersinn (Pin hole approach cw)</i>
3	Leuchtmelder <i>Rotorarretierung zulässig (Pin lock allowed)</i>	4	Leuchtmelder <i>Annäherung an Bolzenloch gegen Uhrzeigersinn (Pin hole approach ccw)</i>
5	Taster <i>Rotorblatt in Betriebsstellung (Pitch to work)</i>	6	Leuchtmelder <i>Manuelle Rotorblattverstellung Rotor-nabe aktiv (Manual pitch hub active)</i>
7	Taster <i>Rotorblatt in Fahnenstellung (Pitch to vane)</i>		

3. An der Nacelle Control Box den Taster *Rotorblatt in Betriebsstellung (Pitch to work)* oder den Taster *Rotorblatt in Fahnenstellung (Pitch to vane)* betätigen, sodass der Rotor sich langsam dreht.

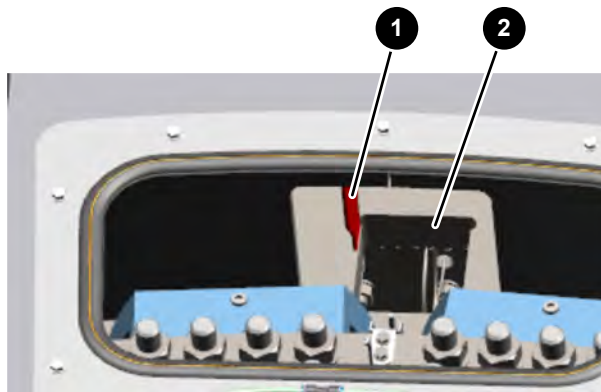


Abb. 53: Sichtfenster

1	Ausrichthilfe für Arretierungsposition	2	Nut
---	--	---	-----

4. Die Arretierungsposition im Sichtfenster prüfen.
5. Kurz vor Erreichen der Arretierungsposition den Drehschalter *Rotorhaltebremse (Rotor brake)* in die Stellung *Ein (On)* drehen.
↳ Der Rotor wird gebremst.

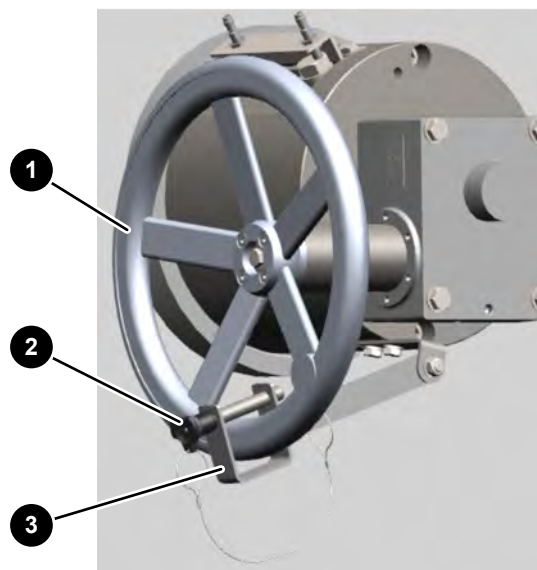


Abb. 54: Handrad

1	Handrad	2	Bolzen
3	Sicherungsbügel		

6. An einem oberen Handrad auf den Griff des Bolzens drücken und den Bolzen herausziehen.
↳ Der Sicherungsbügel klappt nach unten.
7. Den Bolzen wieder durch die Bohrungen des Sicherungsbügels stecken, bis der Bolzen einrastet.
↳ Das Handrad kann bedient werden.
8. Die Handlungsschritte 6 und 7 an dem anderen oberen Handrad wiederholen.

9. An der Nacelle Control Box den Drehschalter *Rotorhaltebremse (Rotor brake)* so oft ein und wieder ausschalten, bis im Sichtfenster die Nut linksbündig mit der Ausrichthilfe für Arretierungsposition abschließt und der Leuchtmelder *Rotorarretierung zulässig (Pin lock allowed)* leuchtet.
10. Das obere Handrad in Richtung Generator drehen, bis der Arretierungsbolzen vollständig ausgefahren ist.
11. Am Handrad auf den Griff des Bolzens drücken und den Bolzen herausziehen.
12. Den Sicherungsbügel nach oben klappen.
13. Den Bolzen wieder durch die Bohrungen des Sicherungsbügels stecken, bis der Bolzen einrastet.
 - ↪ Das Handrad ist gesichert.
14. Die Handlungsschritte 10 bis 13 an dem anderen oberen Handrad wiederholen.
15. Die unteren Handräder in Richtung Generator drehen, bis die Arretierungsbolzen vollständig ausgefahren sind.
 - ↪ Die Rotorarretierung ist gesetzt.
 - ↪ Der Zugang zum Rotorkopf ist freigegeben.

7.9 Rotorarretierung lösen

- ✓ Im Rotorkopf oder im Generatorbereich befinden sich keine Personen.
 - ✓ Alle Werkzeuge, Materialien und sonstigen Gegenstände sind aus dem Rotorkopf entfernt.
 - ✓ Die Rotorblätter befinden sich in Fahnenstellung.
1. Die Zugangstür zum Rotorkopf schließen.

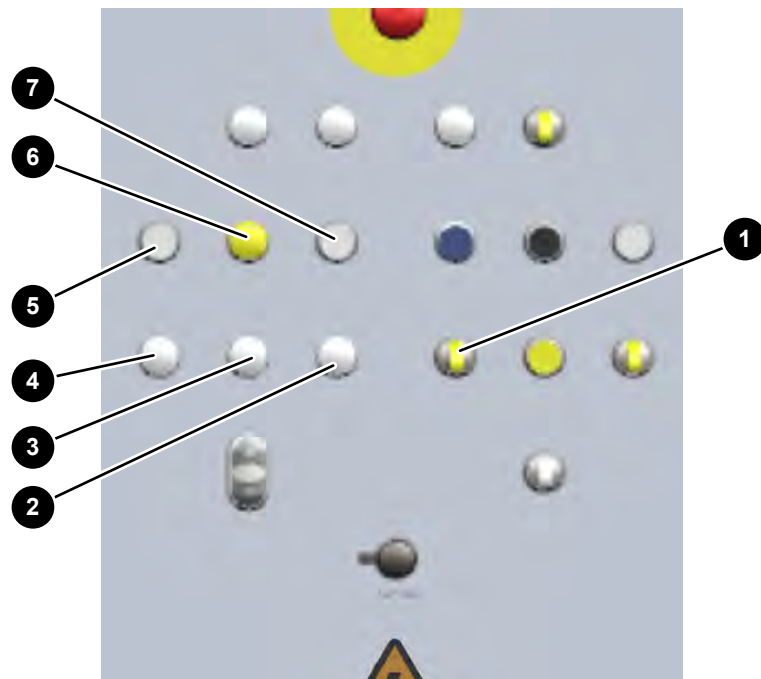
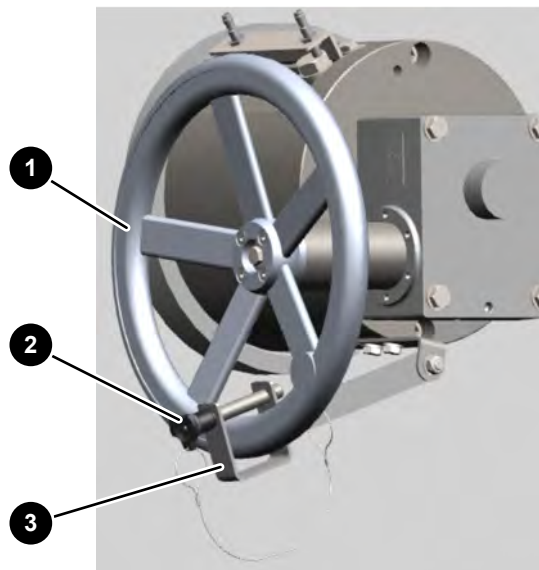


Abb. 55: Bedien- und Anzeigeelemente an der Nacelle Control Box

1	Drehschalter <i>Rotorhaltebremse (Rotor brake)</i>	2	Leuchtmelder <i>Annäherung an Bolzenloch im Uhrzeigersinn (Pin hole approach cw)</i>
3	Leuchtmelder <i>Rotorarretierung zulässig (Pin lock allowed)</i>	4	Leuchtmelder <i>Annäherung an Bolzenloch gegen Uhrzeigersinn (Pin hole approach ccw)</i>
5	Taster <i>Rotorblatt in Betriebsstellung (Pitch to work)</i>	6	Leuchtmelder <i>Manuelle Rotorblattverstellung Rotor-nabe aktiv (Manual pitch hub active)</i>
7	Taster <i>Rotorblatt in Fahnenstellung (Pitch to vane)</i>		

2. Sicherstellen, dass an der Nacelle Control Box der Drehschalter *Rotorhaltebremse (Rotor brake)* auf der Schalterstellung *Ein (On)* steht.

**Abb. 56: Handrad**

1	Handrad	2	Bolzen
3	Sicherungsbügel		

3. An einem oberen Handrad auf den Griff des Bolzens drücken und den Bolzen herausziehen.
 ↳ Der Sicherungsbügel klappt nach unten.
4. Den Bolzen wieder durch die Bohrungen des Sicherungsbügels stecken, bis der Bolzen einrastet.
 ↳ Das Handrad kann bedient werden.
5. Das Handrad in Richtung Gondelheck drehen, bis der Arretierungsbolzen vollständig eingefahren ist.
6. Am Handrad auf den Griff des Bolzens drücken und den Bolzen herausziehen.
7. Den Sicherungsbügel nach oben klappen.
8. Den Bolzen wieder durch die Bohrungen des Sicherungsbügels stecken, bis der Bolzen einrastet.
 ↳ Das Handrad ist gesichert.
9. Die Handlungsschritte 3 bis 8 an dem anderen oberen Handrad wiederholen.
10. Die unteren Handräder jeweils in Richtung Gondelheck drehen, bis die Arretierungsbolzen vollständig eingefahren sind.
11. An der Nacelle Control Box den Drehschalter *Rotorhaltebremse (Rotor brake)* auf die Schalterstellung *Aus (Off)* drehen.
 ↳ Die Rotorarretierung ist gelöst.
 ↳ Wenn die Rotorblätter nicht in Fahnenstellung sind, wird eine automatische Notverstellung der Rotorblätter ausgelöst.

7.10 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.

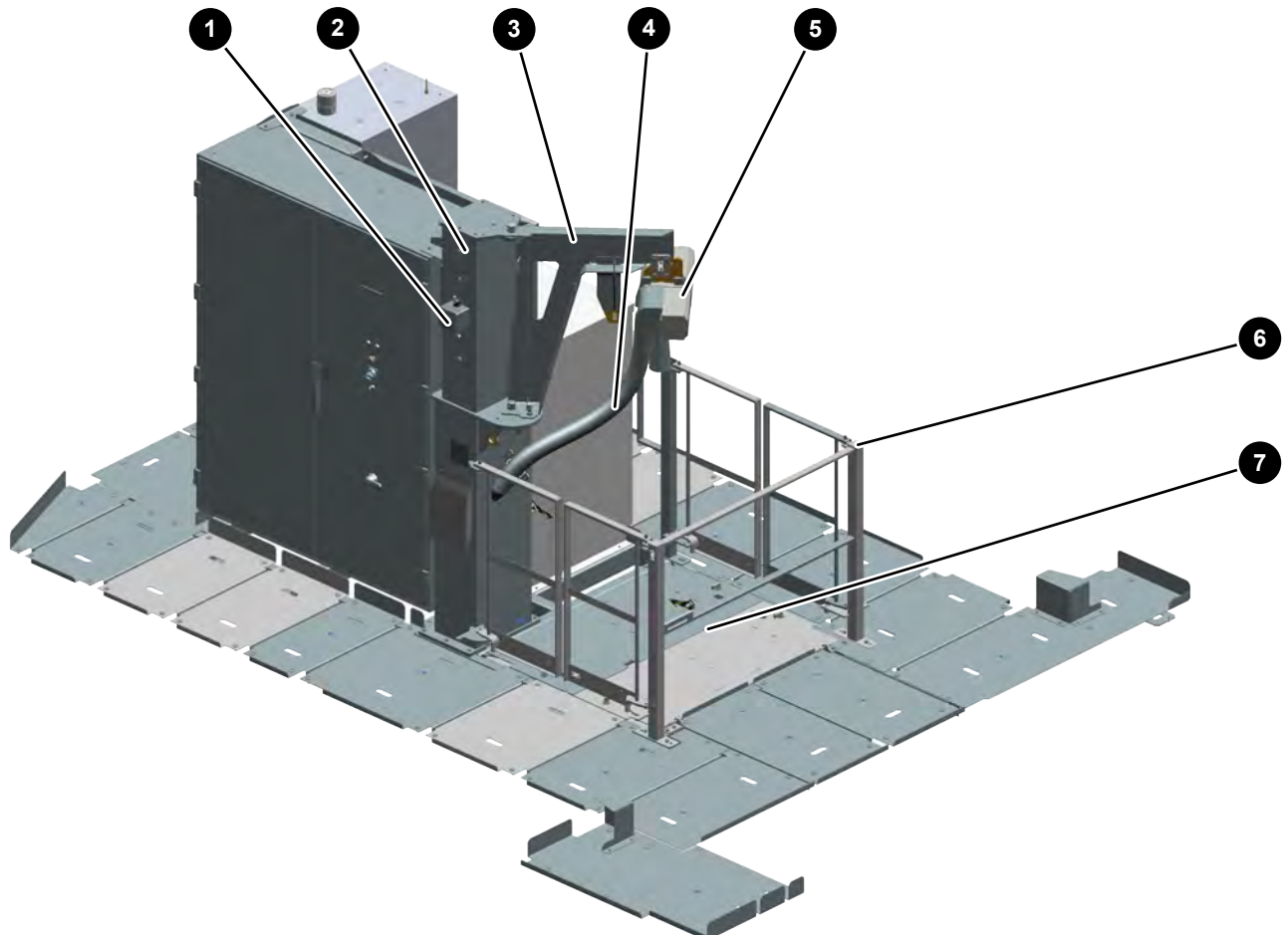


Abb. 57: Kran Gondel, Ausführung Schwenkkran

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

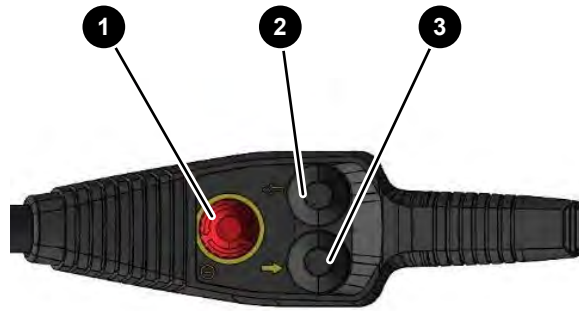


Abb. 58: Bedieneinheit Kran Gondel

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

7.10.1 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 die Gondel entgegengesetzt zur Freileitung 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 bei 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.
 - ✓ Der Rotor ist arretiert.
 - ✓ 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 mithilfe der Bedieneinheit nach oben bis zum Anschlag fahren.
 16. Den Hauptschalter Kran Gondel ausschalten.

7.10.2 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 die Gondel entgegengesetzt zur Freileitung 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 bei 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.
 - ✓ Der Rotor ist arretiert.
 - ✓ 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. Den Transportkorb ablassen und auf dem Boden absetzen (Mitarbeiter 1) und den Kranhaken mit dem Führungsseil führen (Mitarbeiter 2).
9. Den Haken des Krans Gondel vom Transportkorb lösen.
10. Den Haken des Krans Gondel nach oben bis zum Anschlag fahren.
11. Die Kranluke schließen.
12. Mitarbeiter 1: Die Verbindung zwischen persönlicher Schutzausrüstung gegen Absturz und Anschlagpunkt zur Personensicherung lösen.
13. Den Hauptschalter Kran Gondel ausschalten.

7.11 Bedienung abschließen

- ✓ Die Rotorblätter befinden sich in Fahnenstellung.
- 1. Sicherstellen, dass die Rotorarretierung gelöst ist.
- 2. Sicherstellen, dass die Rotorhaltebremse gelöst ist.

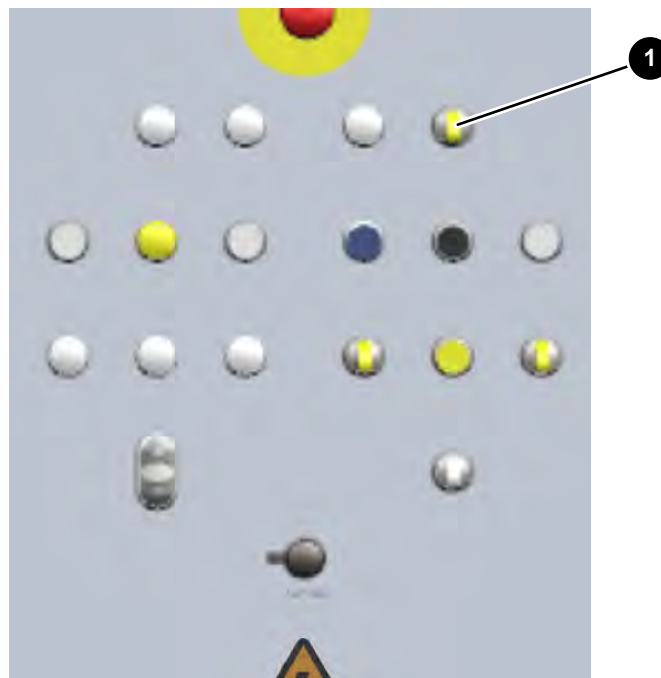
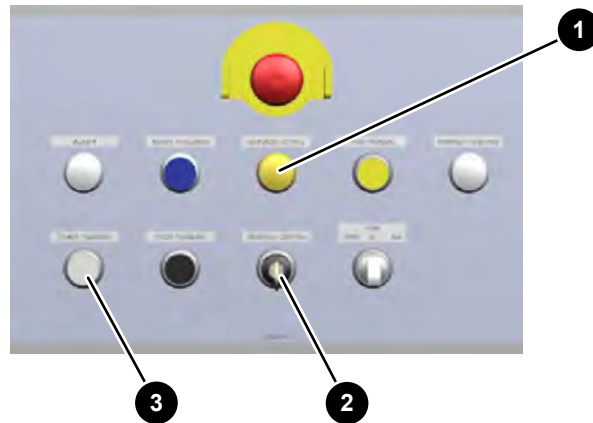


Abb. 59: Bedien- und Anzeigeelemente an der Nacelle Control Box

1	Drehschalter <i>Wartung Ein/Aus</i> (Service On/Off)	
---	--	--

3. An der Nacelle Control Box den Drehschalter *Wartung Ein/Aus* (Service On/Off) auf *Aus* (Off) setzen, wenn er sich in der Position *Ein* (On) befindet.
4. Beim Verlassen der Gondel den Drehschalter *Licht- und Präsenzschafter Gondel* (Nacelle light and presence switch) im Zugangsbereich zur Gondel auf die Schalterstellung *Aus* (Off) stellen.


Abb. 60: Bedien- und Anzeigeelemente am Tower Control Panel

1	Leuchtmelder <i>Wartung aktiv</i> (<i>Service active</i>)	2	Leuchtdrehtaster <i>Wartung</i> <i>Aus/Ein</i> (<i>Service Off/On</i>)
3	Taster <i>Windenergieanlage</i> <i>starten</i> (<i>Start turbine</i>)		

5. Am Tower Control Panel den Leuchtdrehtaster *Wartung Aus/Ein* (*Service Off/On*) auf *Aus* (*Off*) stellen.
 - ↪ Die Windenergieanlage schaltet in den Automatikbetrieb.
 - ↪ Der Leuchtmelder *Wartung aktiv* (*Service active*) leuchtet nicht mehr.
6. Die Windenergieanlage starten. Dazu den Taster *Windenergieanlage starten* (*Start turbine*) betätigen.
7. Warten, bis die Windenergieanlage den Betrieb aufgenommen hat.
8. Beim Verlassen der Windenergieanlage die Beleuchtung in Turm und Gondel ausschalten. Dazu die beiden nebeneinander liegenden Taster für die Beleuchtung im Eingangsbereich der Windenergieanlage betätigen.
9. Die Tür der Windenergieanlage verschließen.

8 Begehung

8.1 Windenergieanlage betreten und vorbereitende Tätigkeiten durchführen

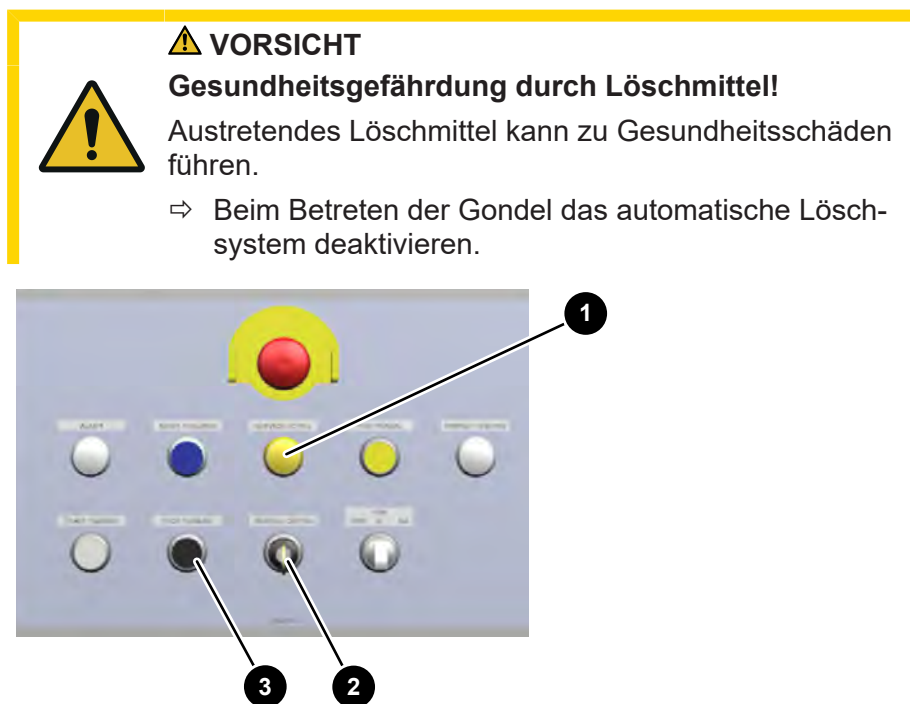


Abb. 61: Bedien- und Anzeigeelemente am Tower Control Panel

1	Leuchtmelder <i>Wartung aktiv</i> (Service active)	2	Leuchtdrehtaster <i>Wartung Aus/Ein</i> (Service Off/On)
3	Taster <i>Windenergieanlage stoppen</i> (Stop turbine)		

1. Die Windenergieanlage betreten und die Beleuchtung im Turm einschalten. Dazu die beiden nebeneinanderliegenden Taster für die Beleuchtung im Eingangsbereich der Windenergieanlage betätigen.
2. Die Fernüberwachung unterdrücken. Dazu am Tower Control Panel den Leuchtdrehtaster *Wartung Aus/Ein* (Service Off/On) auf *Ein* (On) stellen.
 - ↪ Die Windenergieanlage schaltet in den Wartungsmodus.
 - ↪ Der Leuchtmelder *Wartung aktiv* (Service active) leuchtet.
3. Die Windenergieanlage anhalten. Dazu am Tower Control Panel den Taster *Windenergieanlage stoppen* (Stop turbine) betätigen.
4. Warten, bis die Rotorblätter in Fahnenstellung sind.
5. 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.

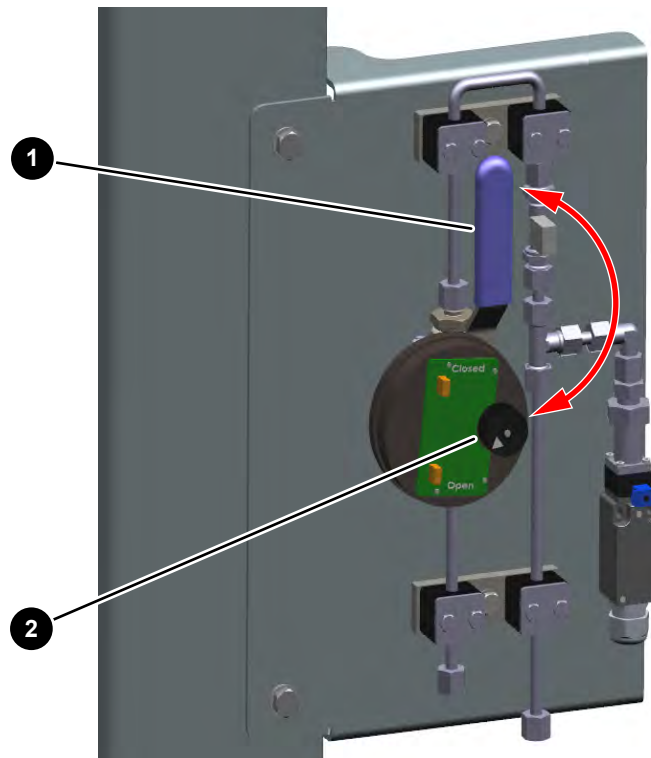


Abb. 62: Absperrventil automatisches Löschesystem

1	Hebel des Absperrventils	2	Anzeigepfeil
---	--------------------------	---	--------------

6. Das automatische Löschesystem deaktivieren. Dazu den Hebel des Absperrventils nach unten schwenken.
↳ Der Anzeigepfeil zeigt auf die Stellung *closed*.

8.2 Sicherheitssteigleiter benutzen



⚠ GEFAHR

Absturzgefahr durch mangelhafte Sicherung mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz

Bei leitergeführten Aufstiegshilfen kann es beim Umstieg zwischen Sicherheitssteigleiter und Turmboden zum Absturz im Turm und somit zum Tod oder zu schweren Verletzungen kommen.

- ⇒ Für den Zugang zum Turmboden und zum Verlassen des Turmbodens wenn möglich die Aufstiegshilfe benutzen.
- ⇒ Beim Umsteigen von der Sicherheitssteigleiter auf den Turmboden oder vom Turmboden auf die Sicherheitssteigleiter ein Halteseil benutzen.
- ⇒ Mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung an der Turmwand und mit einem Halteseil an der Sicherheitssteigleiter sichern.
- ⇒ Vorsichtig und konzentriert von der Sicherheitssteigleiter auf den Turmboden und vom Turmboden auf die Sicherheitssteigleiter umsteigen.



⚠ WARNUNG

Quetschgefahr durch gleichzeitige Benutzung der leitergeführten Aufstiegshilfe und der Sicherheitssteigleiter

Die gleichzeitige Benutzung der leitergeführten Aufstiegshilfe und der Sicherheitssteigleiter kann zum Quetschen von Personen auf der Leiter führen. Schwere Verletzungen können die Folge sein.

- ⇒ Die Sicherheitssteigleiter nur benutzen, wenn die leitergeführte Aufstiegshilfe nicht in Benutzung ist.
- ⇒ Die leitergeführte Aufstiegshilfe nur benutzen, wenn die Sicherheitssteigleiter nicht in Benutzung ist.



⚠ 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.
- ⇒ Pausen machen.
- ⇒ Nur körperlich geeignete Personen dürfen die Sicherheitssteigleiter benutzen.

- ✓ Das Betreten der Windenergieanlage ist vorbereitet.
- ✓ Die persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz ist angelegt.
- ✓ Die Aufstiegshilfe ist nicht in Benutzung und abgeschaltet.

- 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 Pause machen. Dabei immer mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung sichern.

⚠ GEFAHR! Absturz im Turm. Beim Umstieg zwischen Sicherheitssteigleiter und Turmboden äußerst vorsichtig vorgehen und mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz und einem zusätzlichen Halteseil sichern.

5. Auf einen Turmboden umsteigen.
 - a) Mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung an der Turmwand oder an der Sicherheitssteigleiter sichern.
 - b) Mit einem Halteseil an der Sicherheitssteigleiter sichern.
 - c) Das mitlaufende Auffanggerät aus der festen Führung der Sicherheitssteigleiter entfernen und am Auffanggurt sichern.
 - d) Sicherstellen, dass die Sicherung mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung an der Turmwand oder an der Sicherheitssteigleiter weiterhin besteht.
 - e) Die Sicherung mit dem Halteseil an der Sicherheitssteigleiter entfernen.
 - f) Die Geländertür am Turmboden öffnen. Dabei mit einer Hand an der Sicherheitssteigleiter festhalten.
 - g) Von der Sicherheitssteigleiter auf den Turmboden umsteigen. Dabei mit beiden Händen an einer geeigneten Haltemöglichkeit festhalten.
 - h) Den Geländertürbereich verlassen und die Geländertür am Turmboden schließen.
 - i) Mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung auf dem Turmboden sichern und eine ggf. vorhandene Sicherung mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an der Sicherheitssteigleiter entfernen.

Abstieg  **GEFAHR! Absturz im Turm. Beim Umstieg zwischen Sicherheitssteigleiter und Turmboden äußerst vorsichtig vorgehen und mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz und einem zusätzlichen Halteseil sichern.**

1. Vom Turmboden auf die Sicherheitssteigleiter umsteigen.
 - a) Mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung auf dem Turmboden sichern.
 - b) Die Geländertür am Turmboden öffnen.
 - c) Zum Geländertürbereich gehen. Dabei mit beiden Händen am Geländer festhalten.
 - d) In die Sicherheitssteigleiter umsteigen. Dabei mit beiden Händen an einer geeigneten Haltemöglichkeit festhalten.
 - e) Mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung an der Turmwand oder an der Sicherheitssteigleiter sichern.
 - f) Die Sicherung mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung auf dem Turmboden lösen.
 - g) Mit einem Halteseil an der Sicherheitssteigleiter sichern.
 - h) Das mitlaufende Auffanggerät vom Auffanggurt lösen und in die feste Führung der Sicherheitssteigleiter einführen.
 - i) Die Sicherung mit dem Halteseil an der Sicherheitssteigleiter entfernen.
 - j) Die Geländertür am Turmboden schließen.
 - k) Die Sicherung mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung an der Turmwand oder an der Sicherheitssteigleiter entfernen.
2. An der Sicherheitssteigleiter absteigen.
3. Bei Bedarf in der Sicherheitssteigleiter Pause machen. Dabei immer mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung sichern.
4. Nach dem Abstieg das mitlaufende Auffanggerät aus der festen Führung der Sicherheitssteigleiter entfernen.

8.3 Aufstiegshilfe benutzen



WARNUNG

Quetschgefahr durch gleichzeitige Benutzung der leitergeführten Aufstiegshilfe und der Sicherheitssteigleiter

Die gleichzeitige Benutzung der leitergeführten Aufstiegshilfe und der Sicherheitssteigleiter kann zum Quetschen von Personen auf der Leiter führen. Schwere Verletzungen können die Folge sein.

- ⇒ Die Sicherheitssteigleiter nur benutzen, wenn die leitergeführte Aufstiegshilfe nicht in Benutzung ist.
- ⇒ Die leitergeführte Aufstiegshilfe nur benutzen, wenn die Sicherheitssteigleiter nicht in Benutzung ist.



WARNUNG

Gefahr bei der Benutzung der Aufstiegshilfe!

Bei der Benutzung der Aufstiegshilfe können verschiedene Gefahren auftreten.

- ⇒ Vor der Benutzung der Aufstiegshilfe die Herstellerdokumentation der Aufstiegshilfe lesen und die darin enthaltenen Sicherheitshinweise beachten.



ACHTUNG

Kein Anfahren bei Überlast!

Bei Überlastung kann die Aufstiegshilfe nicht anfahren.

- ⇒ Sicherstellen, dass sich maximal 3 Personen bzw. maximal 240 kg Gewicht in der Aufstiegshilfe befinden.

- ✓ Das Betreten der Windenergieanlage ist vorbereitet.
 - ✓ Die Aufstiegshilfe ist für die Benutzung freigegeben.
 - ✓ Die persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz ist angelegt.
 - ✓ Ein Mobiltelefon wird mitgeführt.
 - ✓ Mindestens eine weitere Person befindet sich in der Gondel oder im Turmfuß.
 - ✓ Die Sicherheitssteigleiter wird nicht von anderen Personen genutzt.
1. Zur Einstiegsebene der Aufstiegshilfe gehen.
 2. Die Fahrkorbür der Aufstiegshilfe öffnen.
 3. 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. Die Geländertür schließen.
8. Die Fahrkorbtür 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 Fahrkorbtür der Aufstiegshilfe öffnen.
12. 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 entfernen.
16. Die Geländertür schließen.
17. Die Fahrkorbtür der Aufstiegshilfe schließen.
18. Nach der letzten Fahrt des Tages mit der Aufstiegshilfe die Benutzung der Aufstiegshilfe abschließen.
19. Die Aufstiegshilfe in Parkposition verlassen, siehe Betriebsanleitung der Aufstiegshilfe. Die Betriebsanleitung befindet sich in der Dokumententasche in der Aufstiegshilfe.
 - a) Die Fahrkorbtür der Aufstiegshilfe öffnen.
 - b) Die Geländertür öffnen.
 - c) Den Fahrkorb der Aufstiegshilfe verlassen.
 - d) Die Sicherung mit der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung in der Aufstiegshilfe entfernen.
 - e) Die Geländertür schließen.
 - f) Die Fahrkorbtür der Aufstiegshilfe schließen.

8.4 Gondel betreten und verlassen



WARNUNG

Absturzgefahr durch geöffnete Maschinenhausluke

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

⇒ Die 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. Die Maschinenhausluke öffnen.
- 4. Das Maschinenhaus betreten.
- 5. 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. Auf die Leiter steigen.
- 5. 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.
- 6. Die Leiter zum obersten Turmboden absteigen.

8.5 Rotorkopf betreten und verlassen



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 Rotorarretierung durchführen.



⚠ 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.

- ⇒ Im Rotorkopf nur vorsichtig und nicht freihändig bewegen.

Rotorkopf betreten

- ✓ Der Rotor ist arretiert.
- 1. Durch den Maschinenträger den Lagerträger betreten.
- 2. Den Zugang zum Rotorkopf öffnen.
- 3. Vom Lagerträger in den Rotorkopf steigen.

Rotorkopf verlassen

- 1. Durch den Zugang im Rotorkopf den Lagerträger betreten.
- 2. Den Zugang zum Rotorkopf schließen.

8.6 Gondeldach betreten und verlassen



⚠ WARNUNG

Lebensgefahr durch Absturz

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

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



⚠ WARNUNG

Gefahr von Überlastung

Bei falscher Belastung des Gondeldachs kann es überlastet werden. Verletzungen und Sachschäden können die Folge sein.

- ⇒ Das Gondeldach niemals mit mehr als 2 Personen betreten.
- ⇒ Das Gondeldach nur im Bereich des Mittelstegs betreten. Die Seitenbereiche nur mit max. 1 Person in Ausnahmefällen und bei der Montage der Gondel betreten.

- ✓ Der Rotor ist arretiert.

Gondeldach betreten

- 1. Die Leiter vom Abstellplatz entnehmen und unterhalb der Dachluke positionieren.
- 2. Die Leiter zur Dachluke aufsteigen.

3. Die Dachluke öffnen.

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

4. Die persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz an einem Anschlagpunkt zur Personensicherung am Gondeldach anschlagen.
5. Durch die geöffnete Dachluke auf das Gondeldach steigen.
6. Die Dachluke schließen.

Gondeldach verlassen

1. Die Dachluke öffnen.
2. Vorsichtig auf die Leiter in der Gondel steigen. Dabei ausreichend sichern.
3. Die persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz von einem Anschlagpunkt zur Personensicherung am Gondeldach lösen.
4. Die Dachluke schließen.
5. Die Leiter in die Gondel absteigen.
6. Die Leiter unterhalb der Dachluke entfernen und an ihrem Abstellplatz abstellen.

8.7 Abschließende Tätigkeiten durchführen und Windenergieanlage verlassen

- ✓ Die Rotorblätter befinden sich in Fahnenstellung.

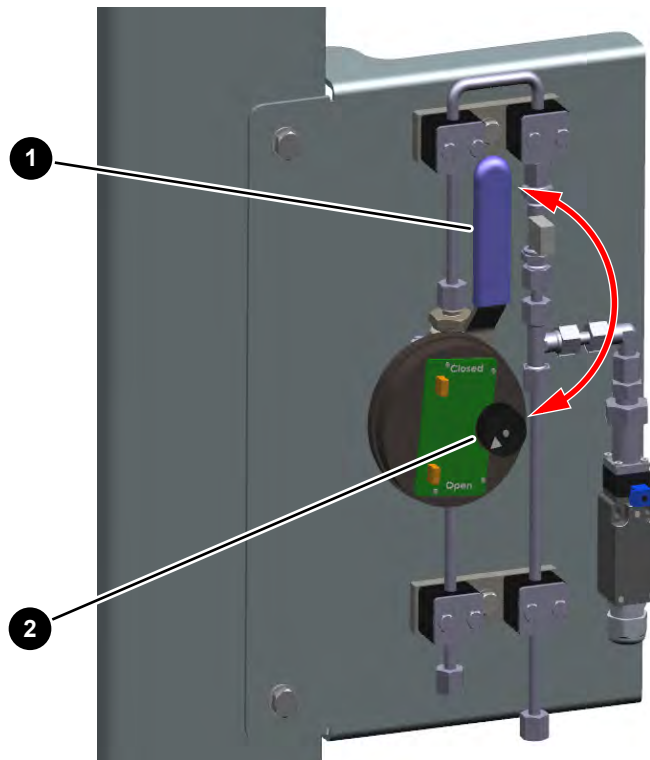


Abb. 63: Absperrventil automatisches Löschsystem

1	Hebel des Absperrventils	2	Anzeigepfeil
---	--------------------------	---	--------------

1. Das automatische Löschsystem aktivieren. Dazu den Hebel des Absperrventils nach oben schwenken.
↳ Der Anzeigepfeil befindet sich in der Stellung *open*.
2. Sicherstellen, dass die Rotorarretierung gelöst ist.
3. Sicherstellen, dass die Rotorhaltebremse gelöst ist.

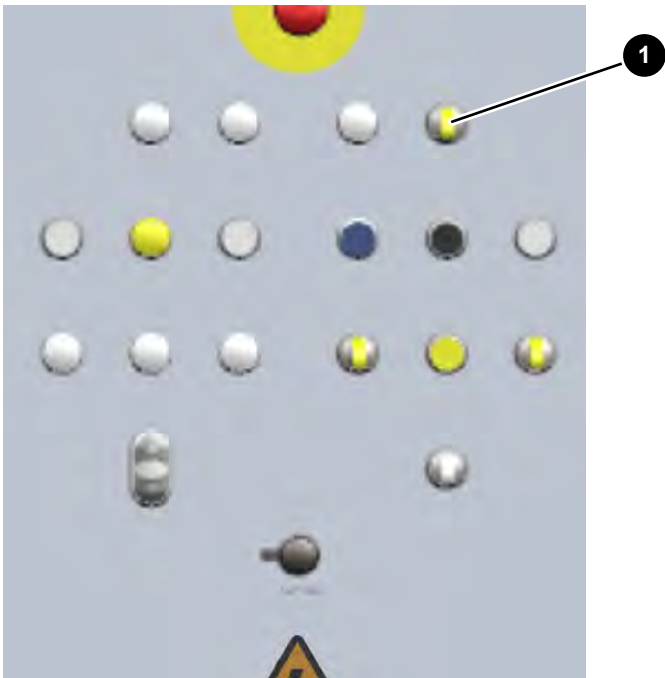


Abb. 64: Bedien- und Anzeigeelemente an der Nacelle Control Box

- | | | |
|---|--|--|
| 1 | Drehschalter <i>Wartung Ein/Aus (Service On/Off)</i> | |
|---|--|--|
4. An der Nacelle Control Box den Drehschalter *Wartung Ein/Aus (Service On/Off)* auf *Aus (Off)* setzen, wenn er sich in der Position *Ein (On)* befindet.
5. Beim Verlassen der Gondel den Drehschalter *Licht- und Präsenzschafter Gondel (Nacelle light and presence switch)* im Zugangsbereich zur Gondel auf die Schalterstellung *Aus (Off)* stellen.

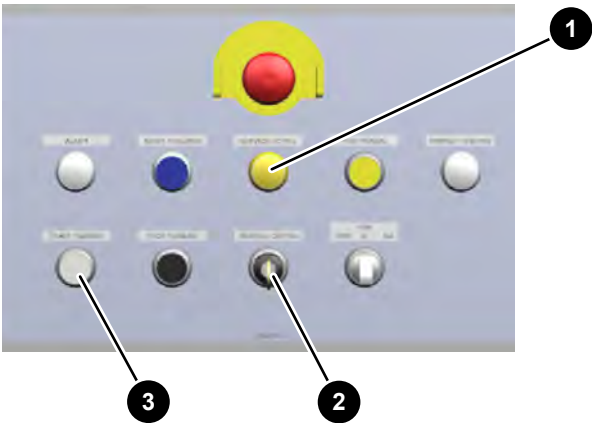


Abb. 65: Bedien- und Anzeigeelemente am Tower Control Panel

- | | | | |
|---|---|---|--|
| 1 | Leuchtmelder <i>Wartung aktiv (Service active)</i> | 2 | Leuchtdrehtaster <i>Wartung Aus/Ein (Service Off/On)</i> |
| 3 | Taster <i>Windenergieanlage starten (Start turbine)</i> | | |

6. Am Tower Control Panel den Leuchtdrehtaster *Wartung Aus/Ein (Service Off/On)* auf *Aus (Off)* stellen.
 - ↪ Die Windenergieanlage schaltet in den Automatikbetrieb.
 - ↪ Der Leuchtmelder *Wartung aktiv (Service active)* leuchtet nicht mehr.
7. Die Windenergieanlage starten. Dazu den Taster *Windenergieanlage starten (Start turbine)* betätigen.
8. Warten, bis die Windenergieanlage den Betrieb aufgenommen hat.
9. Beim Verlassen der Windenergieanlage die Beleuchtung in Turm und Gondel ausschalten. Dazu die beiden nebeneinander liegenden Taster für die Beleuchtung im Eingangsbereich der Windenergieanlage betätigen.
10. 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 muss die Durchführung der Wartung organisieren.

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 gilt als missbräuchliche Verwendung.

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 wenn ein Not-Halt ausgelöst wurde, 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 der Windenergieanlage 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.

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.

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 vom Wind 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. 16: Allgemeine Daten

Merkmal	Wert	Einheit
Typenbezeichnung ¹	E-160 EP5 E3	
Bezeichnung Steuerung	EP5-CS-03	
Bezeichnung Rotorblatt	LM 78.3 P	
Bezeichnung Generator	E-160 E3 EP5-GU-01	
Bezeichnung Tower Base Control Unit	EP5-TBCU-01	
Bezeichnung Stahlturm	E-160 EP5 E3-ST-99-FB-C-01 E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01	
Bezeichnung Hybridturm	E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01	
Auslegungslbensdauer	20 (IEC-Windklasse IIIA) / 25 (IEC-Windklasse S) ²	Jahre
Blitzschutz (IEC 61400-24)	LPL 1	

¹ typenschildrelevant

² Die Windklasse S setzt sich zusammen aus der Windklasse IIIA mit 20 Jahren Auslegung für die Betriebs- und Extremlasten und der Windklasse IIB mit 25 Jahren Auslegung für die Betriebslasten.

13.2 Betriebsdaten

Tab. 17: Betriebsdaten

Merkmal		Wert		Einheit	
Nennleistung (leistungsoptimierter Betriebsmodus) ³	max. Schallleistungspegel (leistungsoptimierter Betriebsmodus)	5560	106,8	kW	dB(A)
Nennleistung (schallreduzierte Betriebsmodi)	max. Schallleistungspegel (schallreduzierte Betriebsmodi)	2934	94,5		
		3578	98,0		
		4153	101,1		
		4343	102,0		
		4532	102,9		
		4715	103,7		
		4901	104,5		
		5091	105,2		
5284	106,0				
Nennwindgeschwindigkeit (leistungsoptimierter Betriebsmodus)		13,5		m/s	
Nenndrehzahl (leistungsoptimierter Betriebsmodus)		9,5		U/min	
Solldrehzahl (leistungsoptimierter Betriebsmodus) ⁴		9,6		U/min	
Einschaltwindgeschwindigkeit ³		2,5		m/s	
Abschaltwindgeschwindigkeit (10-min-Mittelwert) ³		28		m/s	
untere Drehzahl Leistungseinspeisung ⁵		4,4		U/min	
maximale Trudeldrehzahl		2,4		U/min	
Eigenbedarf im Sommer (15-min-Mittelwert)		13		kW	
Eigenbedarf im Winter (15-min-Mittelwert)		17		kW	
Betriebsbereich ⁵ mit Standardausrüstung		-25 bis +40		°C	
Betriebsbereich ⁵ mit Cold-Climate-Ausrüstung		-40 bis +40		°C	
Nennleistungsbereich ⁶ mit Standardausrüstung		-15 bis +20		°C	

³ typenschildrelevant

⁴ 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.

⁵ Umgebungstemperaturbereich, in dem die Windenergieanlage Leistung erzeugen kann.

⁶ Umgebungstemperaturbereich, in dem die Windenergieanlage Nennleistung erzeugen kann.

Merkmal	Wert	Einheit
Nennleistungsbereich ⁶ mit Cold-Climate-Ausrüstung	-30 bis +20	°C

13.3 Gondeldaten

Tab. 18: Gondeldaten

Merkmal	Wert	Einheit
Höhe der Gondel	6,1	m
Breite der Gondel	5,9	m
Länge der Gondel	19,8	m
Länge des Maschinenhauses	ca. 14,1	m
Gesamtgewicht der Gondel	337	t
Windnachführung	aktiv, 10 Azimut-antriebe	

13.4 Rotor- und Rotorblattverstellungsdaten

Tab. 19: Rotor- und Rotorblattverstellungsdaten

Merkmal	Wert	Einheit
Rotordurchmesser	160	m
überstrichene Rotorfläche	20106	m ²
Exzentrizitätsfläche im Stillstand	21069	m ²
Blattspitzengeschwindigkeit bei Nenndrehzahl	79,6	m/s
Rotorblattanzahl	3	
Rotorblattmaterial	Glasfaser + Polyester	
Drehrichtung	Uhrzeigersinn (in Windrichtung gesehen)	
Rotorblattlänge	78,3	m
Rotorachswinkel zur Horizontalen	6	°
Konuswinkel	5	°
Blattverstellungssystem	je Rotorblatt ein autarkes System mit zugeordneter Notstromversorgung	
Betriebsbremse	aerodynamisch über Blattverstellung	

Merkmal	Wert	Einheit
Rotorhaltebremse	hydraulisch	
Rotorarretierung	4 manuell verfahrbare Bolzen, alle 30° arretierbar	
Rotornabe	aus Kugelgraphitguss, rotiert auf feststehendem Lagerträger	
Lagerung	2 Kegelrollenlager	

13.5 Generatordaten

Tab. 20: Generatordaten

Merkmal	Wert	Einheit
Typ	direktgetriebener permanent-erregter Synchrongenerator	
Durchmesser des Generators	5,95	m
Schutzart/Isolationsklasse	mindestens IP 54/F	
Anzahl elektrischer Systeme Stator	16	
Polpaarzahl	176	
Leitermaterial Stator	Kupfer	
Leitermaterial Rotor	Permanentmagneten	
mechanische Teilung Stator	nein	
mechanische Teilung Rotor	nein	
Spannungsanpassung für Netzeinspeisung	Vollumrichter	
Kühlsystem	Luftkühlsystem	
Anzahl Gondellüfter (Generator)	2	

13.6 Turmdaten

Tab. 21: Turmdaten

	E-160 EP5 E3-ST-99-FB-C-01	E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01	E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01	
Merkmal	Wert	Wert	Wert	Einheit
Bauart	Stahlrohrturm	Hybrid-Stahlurm	Hybridturm	

	E-160 EP5 E3-ST-99-FB-C-01	E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01	E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01	
Merkmal	Wert	Wert	Wert	Einheit
Anzahl Sektionen	4	7	3 (Stahl) / 31 (Beton)	
Gesamthöhe der Windenergieanlage über Oberkante Gelände	179,00	199,83	246,60	m
Nabenhöhe über Oberkante Gelände	99,00	119,83	166,60	m
Höhe Oberkante Gondel über Oberkante Gelände	101,80	122,58	169,35	m
Turmhöhe über Oberkante Fundament	94,35	115,22	162,45	m
Außendurchmesser Turmfuß	4,15	6,04	8,73	m
Turmgewicht	289	403	1554	t

13.7 Auslegungsbedingungen

Tab. 22: Auslegung der Turbulenzintensität

Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe in m/s	Turbulenzintensität A in %	Turbulenzintensität B in %
2	56,80	49,70
4	34,40	30,10
6	26,93	23,57
8	23,20	20,30
10	20,96	18,34
12	19,47	17,03
14	18,40	16,10
16	17,60	15,40
18	16,98	14,86
20	16,48	14,42
22	16,07	14,06
24	15,73	13,77
26	15,45	13,52
28	15,20	13,30

Tab. 23: Auslegung der Umgebungsbedingungen

Merkmal	Wert	Einheit
Schräganströmung	8	°
normaler Temperaturbereich	-10 bis +40	°C
extremer Temperaturbereich	-20 bis +50	°C
relative Luftfeuchtigkeit	≤ 95	%
maximale Sonneneinstrahlung	1000	W/m ²
Standard-Luftdichte	1,225	kg/m ³

Die Windenergieanlage ist/wird für die folgenden Auslegungsbedingungen der DIBt 2012 und IEC 61400-1:2005+A1:2010 (4th Edition) zertifiziert. Für den Standort der Windenergieanlage müssen diese Auslegungsbedingungen berücksichtigt werden.

Tab. 24: Zertifizierte/angestrebte Auslegungsbedingungen, turmspezifisch, für eine Auslegungsdauer von 20 Jahren

	E-160 EP5 E3-ST-99-FB-C-01	E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01	E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01	
Merkmal	Wert	Wert	Wert	Einheit
Windklasse (IEC 4th Edition) ⁷	III	III	III	
Turbulenzkategorie (IEC 4th Edition)	A	A	A	
Windzone (DIBt 2012) / Geländekategorie ⁸	WZ S GK S	WZ S GK S	WZ S GK S	
50-Jahres-Extremwindgeschwindigkeit in Nabenhöhe (10-min-Mittelwert) (IEC 4th Edition)	37,50	37,50	37,50	m/s
entspricht einem Lastäquivalent von circa (3-s-Bö)	52,50	52,50	52,50	m/s
50-Jahres-Extremwindgeschwindigkeit in Nabenhöhe (10-min-Mittelwert) (DIBt 2012)	37,50	37,50	37,50	m/s
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (IEC 4th Edition) ⁷	7,50	7,50	7,50	m/s

⁷ typenschildrelevant

⁸ WZ: Windzone; GK: Geländekategorie

	E-160 EP5 E3-ST-99-FB-C-01	E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01	E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01	
Merkmal	Wert	Wert	Wert	Einheit
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (DIBt 2012)	7,50	7,50	7,50	m/s
Windgradient	0,2	0,2	0,2	

Tab. 25: Zertifizierte/angestrebte Auslegungsbedingungen, turmspezifisch, für eine Auslegungsdauer von 25 Jahren

	E-160 EP5 E3-ST-99-FB-C-01	E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01	E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01	
Merkmal	Wert	Wert	Wert	Einheit
Windklasse (IEC 4th Edition) ⁷	S ⁹	S ⁹	S ⁹	
Turbulenzkategorie (IEC 4th Edition)	S	S	S	
Windzone (DIBt 2012) / Geländekategorie ⁸	WZ S GK S	WZ S GK S	WZ S GK S	
50-Jahres-Extremwindgeschwindigkeit in Nabenhöhe (10-min-Mittelwert) (IEC 4th Edition)	37,50	37,50	37,50	m/s
entspricht einem Last-äquivalent von circa (3-s-Bö)	52,50	52,50	52,50	m/s
50-Jahres-Extremwindgeschwindigkeit in Nabenhöhe (10-min-Mittelwert) (DIBt 2012)	37,50	37,50	37,50	m/s
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (IEC 4th Edition) ⁷	8,50	8,50	8,50	m/s
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (DIBt 2012)	8,50	8,50	8,50	m/s
Windgradient	0,2	0,2	0,2	

⁹ Die Windklasse S setzt sich zusammen aus der Windklasse IIIA mit 20 Jahren Auslegung für die Betriebs- und Extremlasten und der Windklasse IIB mit 25 Jahren Auslegung für die Betriebslasten.

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

Das Typenschild befindet sich im Eingangsbereich der Windenergieanlage.