



Your reliable and sustainable partner since 1999

Technische Schutzeinrichtungen nach TOP-Prinzip

Gefährdungen durch bewegliche Teile

eno 152 / eno 160

eno energy systems GmbH
Am Strande 2e
18055 Rostock
Deutschland

Tel.: (+49) (0)381 203792-0
Fax.: (+49) (0)381 203792-101
info@eno-energy.com
www.eno-energy.com





Your reliable and sustainable partner since 1999

Inhalt

1	Einleitung	3
2	Das TOP-Prinzip	3
3	Umsetzung des TOP-Prinzipes auf die Windenergieanlage (WEA)	4
3.1	Technische Maßnahmen	4
3.1.1	Implementierungskonzept für Sicherheitsfunktionen	4
3.1.2	Konzept des Sicherheitsbremssystems	4
3.1.3	Konzept des Sicherheitssystems	5
3.1.4	Trennende Schutzeinrichtungen	7
3.1.5	Schlüsseltransfersystem	10
3.2	Organisatorische Maßnahmen	10
3.2.1	Zutrittsbeschränkungen	10
3.2.2	Bestimmungsgemäße Verwendung	10
3.2.3	Arbeitsabläufe	11
3.2.4	Sicherheitsunterweisung	12
3.3	Personenbezogene Arbeitsschutzmaßnahmen	12
3.3.1	Verhaltensregeln	12
3.3.2	Schulung	12
3.3.3	Arbeitsmedizinische Untersuchung	12

Abbildungen

Abbildung 2-1	Maßnahmenhierarchie im Arbeitsschutz	4
Abbildung 3-1	Sicherheitsschalter an der Durchstiegs Luke der Befahranebene	5
Abbildung 3-2	Einstieg ins Maschinenhaus	6
Abbildung 3-3	Azimuthbereich/YAW-Ebene)	7
Abbildung 3-4	Triebstrang mit Blick auf die Rückwand des Maschinenhauses	7
Abbildung 3-5	Schnittdarstellung Gondel mit Durchstieg in den Azimuthbereich und Servicelücken zum Überstieg in die Rotornabe	8
Abbildung 3-6	Rotorlock mit Schlüsseltransfersystem	10
Abbildung 3-7	Eingangsbereich der WEA mit Bedienpanel	11



Your reliable and sustainable partner since 1999

1 Einleitung

Dieses Dokument soll den Nachweis erbringen, dass bei den Windenergieanlagen eno 152 und eno 160 der eno energy systems GmbH die Rangfolge der Maßnahmen bezüglich der Gefährdungen durch bewegliche Teile (insbesondere Rotorlock und Azimutantrieb) gemäß der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG inklusive Anhang I eingehalten wird.

Die Reihenfolge nach dem TOP-Prinzip sowie die unternommenen Maßnahmen und technischen Schutzeinrichtungen werden in den Nachfolgenden Kapiteln beschrieben.

Alle Abbildungen in diesem Dokument sind beispielhafte Darstellungen. Sie können von der tatsächlichen WEA abweichen.

Technische Änderungen vorbehalten.

2 Das TOP-Prinzip

„Gefahren müssen immer an ihrer Quelle beseitigt werden.“ - So fordern es Arbeitsschutzgesetze und -richtlinien. Ist dies nicht oder nicht ausreichend möglich, sind weitere präventive Maßnahmen erforderlich.

Das TOP-Prinzip gibt die Reihenfolge der Maßnahmen für den Arbeitsschutz vor. Jegliche Maßnahmen, die der Sicherheit am Arbeitsplatz dienen müssen in vorgegebener Reihenfolge erfolgen:

1. **Technische Maßnahmen,**
2. **Organisatorische Maßnahmen**
3. **Personenbezogene Maßnahmen**



Your reliable and sustainable partner since 1999



Abbildung 2-1 Maßnahmenhierarchie im Arbeitsschutz

3 Umsetzung des TOP-Prinzipes auf die Windenergieanlage (WEA)

3.1 Technische Maßnahmen

3.1.1 Implementierungskonzept für Sicherheitsfunktionen

Zur Realisierung von Sicherheitsfunktionen wird in den WEA eine Sicherheitssteuerung eingesetzt. Jede Sicherheitsfunktion wird durch eine übergeordnete Sicherheitssteuerung in Kombination mit einer unabhängigen Steuerung des aerodynamischen Bremssystems (Pitch) ausgeführt.

Die Sicherheitssteuerung sammelt sicherheitsrelevante digitale Eingänge und setzt die Ausgänge entsprechend logischer Annahmen.

3.1.2 Konzept des Sicherheitsbremssystems

Der sichere Anlagenzustand wird als Stillstand verstanden. Die Rotordrehzahl liegt in diesem Zustand bei jeder Windgeschwindigkeit unter $0,5 \text{ min}^{-1}$. Als primäres Bremssystem nutzen die WEA die aerodynamische Bremsung, indem sie die Rotorblätter in Fahnenstellung bringen. Die Pitch-Steuerung und das Pitch-Antriebssystem gehören demnach zum Hauptbremssystem.

Aus Redundanzgründen ist jedes Rotorblatt (Pitch-Achse) einzeln von einem separaten Pitch-Steuerungssystem steuerbar. Jedes Rotorblatt verfügt über eine eigene unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) innerhalb eines Pitch-Managementmoduls zur unabhängigen Versorgung, auch bei Netzausfall. So ist das Erreichen des sicheren Zustands auch dann möglich, wenn ein System ausfällt.



Your reliable and sustainable partner since 1999

Für die Durchführung von Wartungsarbeiten ist zusätzlich ein Scheibenbremssystem installiert. Dabei wird der Antriebsstrang angehalten/stillgesetzt und der Rotor mit Hilfe der Rotor-Lock-Funktion blockiert. Jegliche Arbeiten am Triebstrang sind nur zulässig, wenn der Rotor mechanisch blockiert ist.

3.1.3 Konzept des Sicherheitssystems

Das Sicherheitssystem hat Vorrang vor allen Steuerungsfunktionen.

Sicherheitseinrichtung zum Stillsetzen des Triebstranges und des Azimutsystems an der Durchstiegs Luke

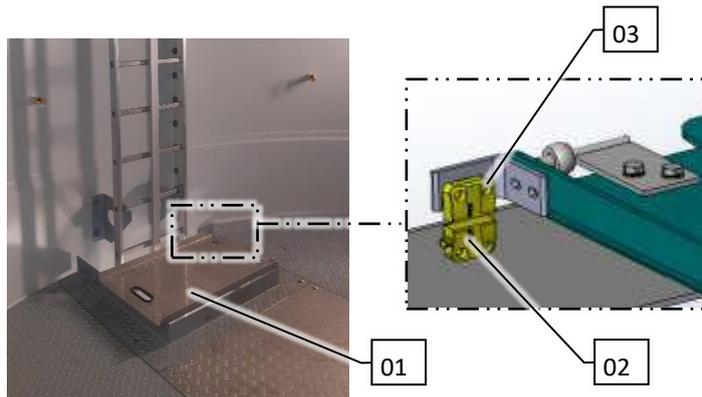


Abbildung 3-1 Sicherheitsschalter an der Durchstiegs Luke der Befahranebene

Pos.	Beschreibung	Pos.	Beschreibung
01	Durchstiegs Luke in die Befahranebene	03	Betätiger
02	Schalter		

An der Durchstiegs Luke der Befahranebene (Pos. 01) ist ein berührungsloser Schalter installiert. Dieser besteht aus zwei Teilen, dem Schalter (Pos. 02) und dem Betätiger (Pos. 03). Der Schalter ist an der Plattform montiert, der Betätiger an der Durchstiegs Luke. Beide Bauteile sind zueinander ausgerichtet. Wird die Luke geöffnet, fällt das Signal ab. Die Sicherheitssteuerung verarbeitet dieses Signal und stoppt die Anlage (Rotordrehzahl $\leq 0,5 \text{ min}^{-1}$).

Für den Fall, dass das Wartungspersonal beim Betreten der WEA den Service-Schalter nicht betätigt hat und die Anlage nicht gestoppt ist, wird hierdurch ein sicherer Aufstieg zum Maschinenhaus gewährleistet. Auch nach dem Schließen der Durchstiegs Luke bleibt die Anlage im gestoppten Zustand, bis das Signal an einem der Bedienterminals (im Turmfuß oder im Maschinenhaus) quittiert wird.



Your reliable and sustainable partner since 1999

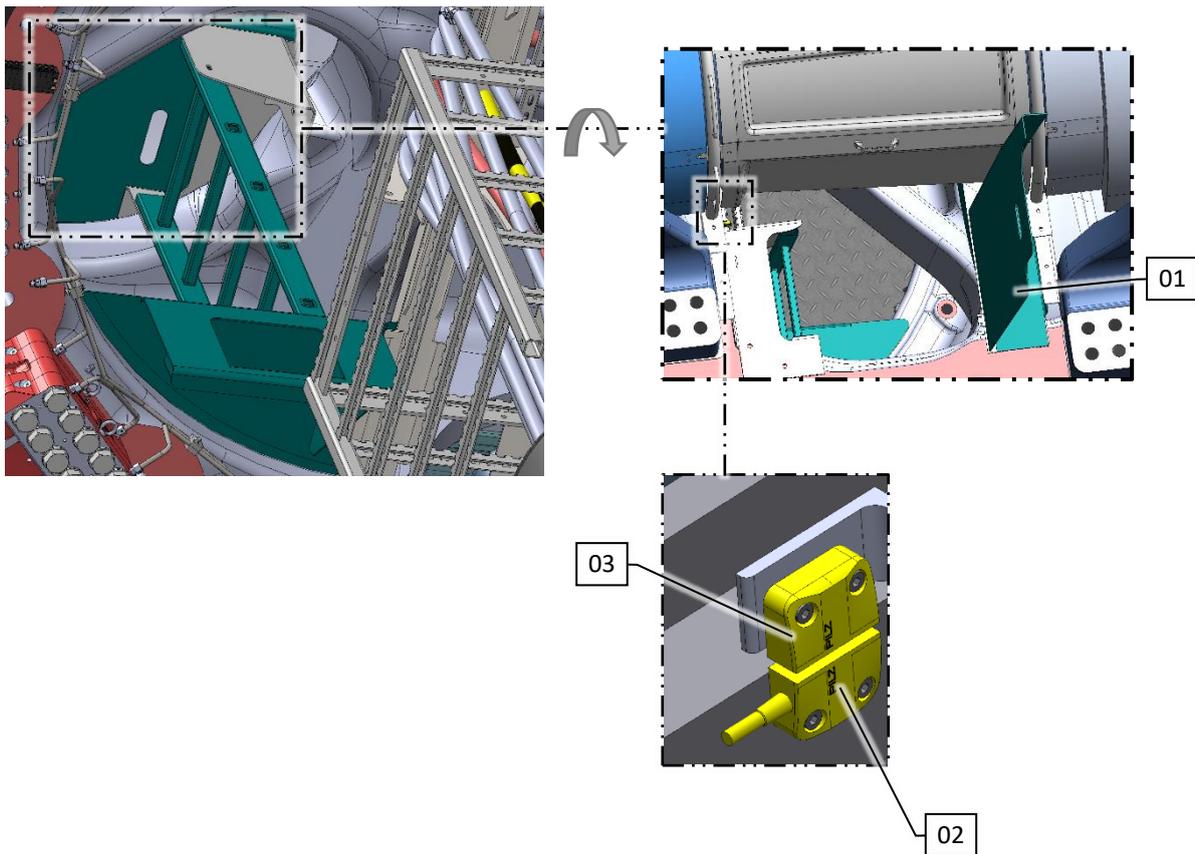


Abbildung 3-2 Einstieg ins Maschinenhaus

Pos.	Beschreibung	Pos.	Beschreibung
01	Durchstiegs Luke ins Maschinenhaus	03	Betätiger
02	Schalter		

An der Durchstiegs Luke ins Maschinenhaus (Pos. 01) ist ein berührungsloser Schalter installiert. Dieser besteht aus zwei Teilen, dem Schalter (Pos. 02) und dem Betätiger (Pos. 03). Der Schalter ist am Maschinenträger montiert, der Betätiger an der Durchstiegs Luke. Beide Bauteile sind zueinander ausgerichtet. Wird die Luke geöffnet, fällt das Signal ab. Die Sicherheitssteuerung verarbeitet dieses Signal, stoppt die Anlage und aktiviert die Rotorbremse. Dadurch wird die Rotation des Triebstranges (Rotor, Rotorwelle, Getriebewellen, Abtriebswelle des Getriebes, Kupplung sowie die Generatorwelle) verhindert. Die Rotordrehzahl beträgt 0 min^{-1} . Auch die Funktion der automatischen Windnachführung (Azimutsystem) wird deaktiviert. Die Anlagensteuerung verbleibt nach dem Schließen der Durchstiegs Luke in diesem Zustand, bis das Signal am Bedienterminal (Schaltschrank) im Maschinenhaus quittiert wurde.



3.1.4 Trennende Schutzeinrichtungen

Bewegliche Teile, von denen während des Betriebs, der Wartung oder der Reparatur Gefahren ausgehen können, sind mit trennenden Schutzeinrichtungen versehen.

Azimutverzahnung

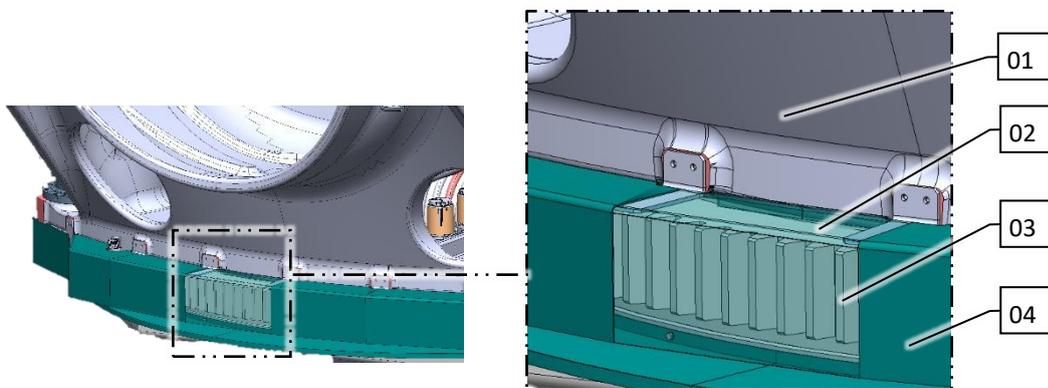


Abbildung 3-3 Azimutbereich/(YAW-Ebene)

Pos.	Beschreibung	Pos.	Beschreibung
01	Maschinenhaus	03	Azimutverzahnung
02	Schutzabdeckung (Segment zur besseren Übersicht transparent dargestellt)	04	Schutzabdeckung

Die Zahnkränze des Azimutsystems sind rundum mit Schutzabdeckungen versehen, sodass eine Berührung ausgeschlossen werden kann. Zudem ist die Anlage während der Durchführung von Wartungsarbeiten stillgesetzt, sodass ein Einzug, Erfassen oder Quetschen ausgeschlossen werden kann.

Schutzabdeckung Kupplung HSS und Abtriebswelle

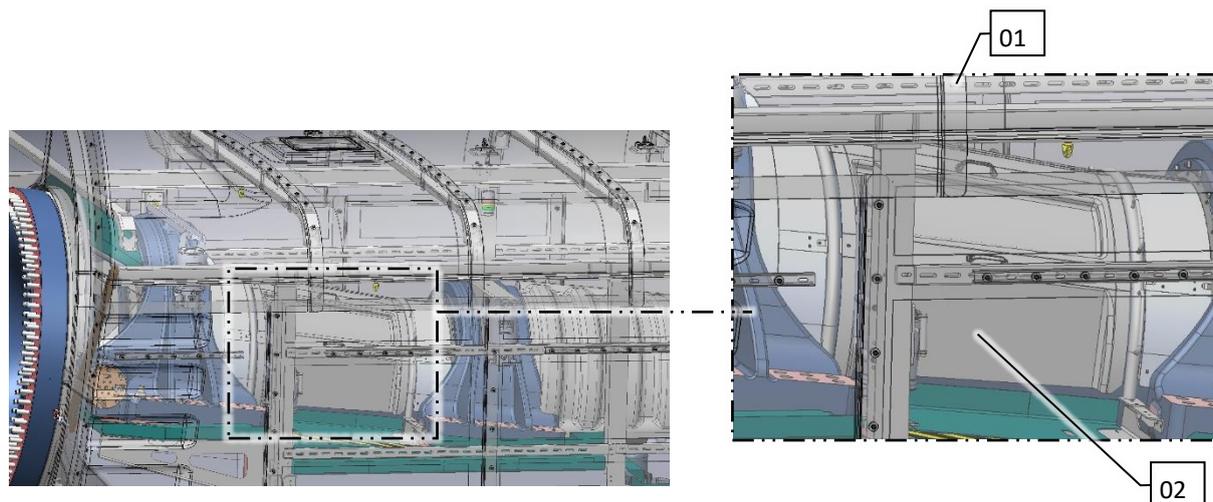


Abbildung 3-4 Triebstrang mit Blick auf die Rückwand des Maschinenhauses

Pos.	Beschreibung	Pos.	Beschreibung
01	Gondelverkleidung (zur besseren Übersicht transparent dargestellt)	02	Kupplung HSS und Abtriebswelle mit Schutzabdeckung



Your reliable and sustainable partner since 1999

Die Kupplung und die Abtriebswelle sind mit einer Schutzabdeckung versehen, sodass ein versehentliches Hineingreifen praktisch unmöglich ist. Die Abdeckung kann nur unter Zuhilfenahme von Werkzeugen entfernt werden. Dadurch wird die Gefahr von Eingreifen, Einziehen oder Quetschen verhindert.

Beim Betreten der WEA wird zunächst der Service-Schalter betätigt. Die Anlage ist somit stillgesetzt. Wird dies nicht getan, so greifen bis zur Ankunft an der Kupplung bereits mehrere Sicherheitseinrichtungen:

1. Berührungsloser Schalter an der Durchstiegs Luke der Befahranebene (stoppt die WEA)
2. Berührungsloser Schalter an der Durchstiegs Luke ins Maschinenhaus (stoppt die WEA und aktiviert die Rotorbremse, wodurch der Antriebsstrang stillgesetzt wird)
3. Rotorarretierung (manuelles, mechanisches Blockieren des Rotors gemäß Betriebsanleitung)

Des Weiteren werden zusätzlich zur Schutzabdeckung in Schulungen, Trainings, der Einweisung in die WEA und in den Betriebs- und Wartungsanleitungen Sicherheitshinweise gegeben.

Abdeckungen im Frontbereich des Maschinenhauses

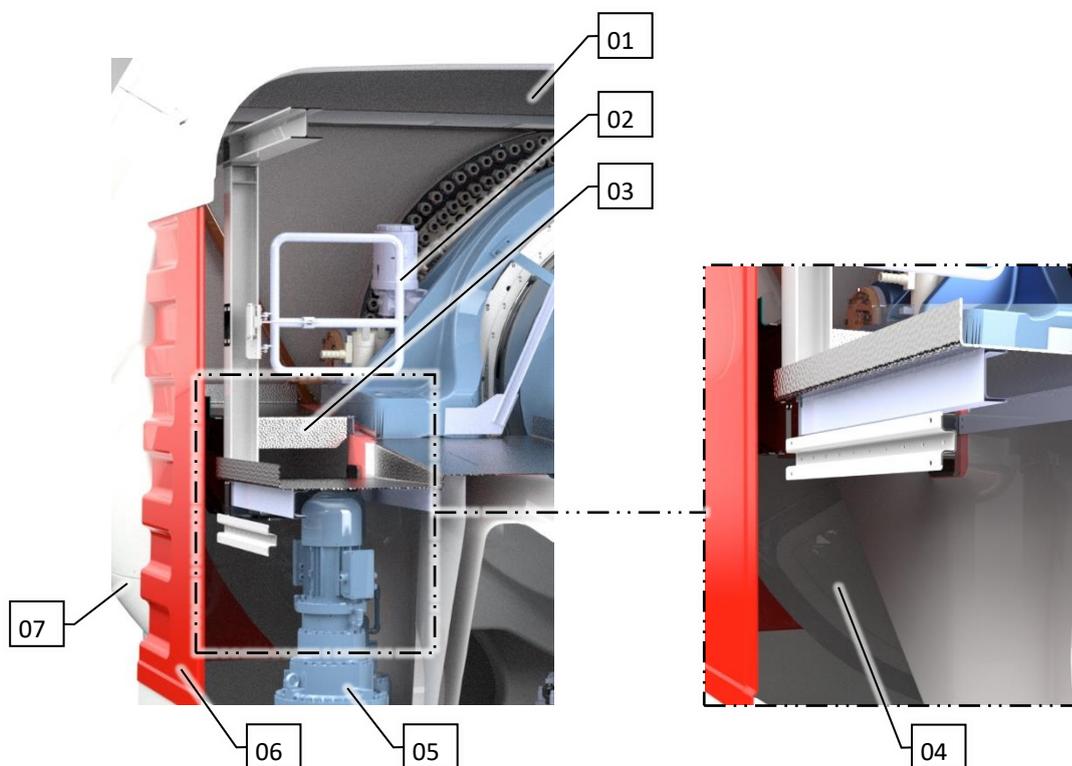


Abbildung 3-5 Schnittdarstellung Gondel mit Durchstieg in den Azimutbereich und Serviceluken zum Überstieg in die Rotornabe

Pos.	Beschreibung	Pos.	Beschreibung
01	Maschinenhausverkleidung (Dach)	05	Azimutantrieb
02	Sicherheitstür	06	Maschinenhausverkleidung (Seite)
03	Durchstieg (Bodenluke zum Azimutbereich)	07	Rotornabenverkleidung
04	Service Luke	08	Schalter „Turbine Stopp“ (Not-Halt)

Zwischen Rotornabe und Maschinenhaus sind Verkleidungen montiert, die ein unbeabsichtigtes oder versehentliches Hineingreifen, Fallen, Stürzen und Übersteigen in den Rotor verhindern. Die Bodenluken, die in den Azimutbereich führen, sind mechanisch verschlossen. Der Überstieg in die Rotornabe ist aus dem Azimutbereich möglich und nur zur Durchführung von Installations-, Service- und Wartungsarbeiten gestattet.



Your reliable and sustainable partner since 1999

Technische Schutzeinrichtungen verhindern den Überstieg vom Maschinenträger in die Rotornabe bei sich drehendem Rotor:

1. Berührungsloser Schalter an der Durchstiegs Luke ins Maschinenhaus (stoppt die WEA und aktiviert die Rotorbremse, wodurch der Antriebsstrang stillgesetzt wird)
2. Rotorarretierung (manuelles, mechanisches Blockieren des Rotors gemäß Betriebsanleitung)
3. Schlüsseltransfersystem
4. Mechanisch verriegelte Boden Luke (zum Überstiegsbereich in die Rotornabe)
5. Mechanisch verschlossene Serviceluke zwischen Rotornabe und Gondelverkleidung
6. Hinweis durch optische und akustische Warnsignale bei Fehlhandlungen

Um in die Rotornabe zu gelangen, muss der Rotorlock eingelegt sein. Hierbei wird zwangsweise die Rotorbremse aktiviert.

Ist der Rotor ordnungsgemäß festgesetzt, lässt sich aus den Vorrichtungen (Rotorlock links und Rotorlock rechts) jeweils ein Schlüssel entnehmen. Diese Schlüssel werden benötigt, um die Boden Luke zum Überstieg in die Rotornabe zu öffnen.

Wird die Boden Luke geöffnet, erkennt die Steuerung des Sicherheitssystems diesen Zustand durch einen Schaltkontakt und folgende Aktoren werden geprüft, wenn nötig angesteuert oder deaktiviert:

- Rotorbremse
 - Bremse wird aktiviert
 - Systemdruck wird überwacht
- Automatische Windnachführung
 - Windnachführung wird deaktiviert
- geöffnete Boden Luke bei fehlender Rotorarretierung (Rotorlock nicht ordnungsgemäß eingelegt)
 - optisches und akustisches Warnsignal wird aktiviert
- geöffnete Boden Luke bei inaktiver Rotorbremse oder zu niedrigem Systemdruck
 - optisches und akustisches Warnsignal wird aktiviert

Dach dem Durchstieg werden die Schlüssel entnommen und die Boden Luke wieder verschlossen. Die Serviceluke zwischen Maschinenhaus und Rotornabe kann dann manuell geöffnet werden. Anschließend kann der Überstieg in die Rotornabe erfolgen. Für den Gefahrenfall ist die Boden Luke mit einer Notentriegelung versehen.

Hierzu wird das Wartungspersonal während der Einweisung in die WEA unterwiesen sowie in den Sicherheitsunterweisungen, Schulungen und Trainings geschult. Des Weiteren sind an der Frontverkleidung entsprechende Beschilderungen angebracht, wonach das Betreten der Rotornabe bei sich drehendem Rotor unzulässig ist. Auch in den Betriebs- und Wartungsanleitungen wird mit Sicherheitshinweisen und Warnhinweisen darauf hingewiesen.



3.1.5 Schlüsseltransfersystem

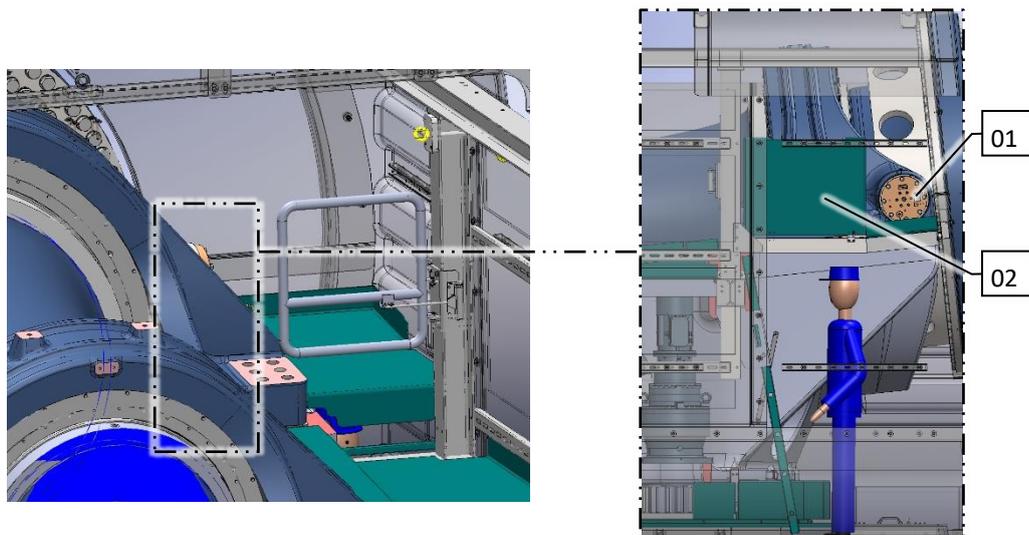


Abbildung 3-6 Rotorlock mit Schlüsseltransfersystem

Pos.	Beschreibung	Pos.	Beschreibung
01	Rotorlock Bolzen mit Schlüsselssystem	05	Bodenluke

Das Rotorlock-System ist mit einem Schlüsselssystem ausgestattet. Je ein Schlüssel aus einer Arretiervorrichtung (Rotorlock links und Rotorlock rechts) wird benötigt, um die Bodenluke zum Überstieg in die Rotornabe zu öffnen. Wurden die Arretiervorrichtungen nicht ordnungsgemäß eingelegt, können die Schlüssel nicht entnommen werden.

Beabsichtigt eine zweite Person die Rotornabe zu betreten, entnimmt sie jeweils den zweiten Schlüssel aus den Arretiervorrichtungen und kann damit die Bodenluke öffnen.

Entriegeln lässt dich das Rotorlock-System nur, wenn je Arretiervorrichtung beide Schlüssel wieder eingesteckt sind. Die Überwachung des Arretier- und Durchstiegssystems wird deaktiviert, sobald die Bodenluke verriegelt wird und das Rotorlock-System entriegelt ist.

Bei geschlossenen Durchstiegsluken lässt sich die Rotorbremse über das Bedienpanel deaktivieren und die automatische Windnachführung aktivieren.

3.2 Organisatorische Maßnahmen

3.2.1 Zutrittsbeschränkungen

Für die WEA gelten Zutrittsbeschränkungen. Diese sind in den Betriebs- und Wartungsanleitungen der WEA beschrieben und werden auch in Schulungen und Trainingseinheiten vermittelt.

3.2.2 Bestimmungsgemäße Verwendung

Die WEA ist eine Einrichtung zur Wandlung von Windenergie in elektrische Energie. Diese elektrische Energie wird in ein bestehendes Übertragungsnetz eingespeist. Die Anlage arbeitet dabei im unbemannten, autonomen Betrieb ohne die Anwesenheit von Personen. Das Betreten der WEA während des Betriebes oder von unqualifiziertem Personal ist untersagt.

Die WEA ist ausschließlich zur Nutzung für den vorgesehenen Zweck und innerhalb der festgelegten Leistungsgrenzen bestimmt. Sie darf nur in technisch einwandfreiem Zustand und unter Beachtung der Betriebsanleitung sowie aller darin benannten und mitgeltenden Dokumente betrieben werden.

Jede darüber hinaus gehende Verwendung ist verboten. Für Schäden, die auf Fehlanwendung oder



Your reliable and sustainable partner since 1999

unzureichende oder unsachgemäße Wartung und Instandhaltung zurückzuführen sind, sowie Schäden aufgrund Missachtung von Sicherheitshinweisen und Vorschriften übernimmt der Hersteller keine Haftung. Es haftet allein der Betreiber.

Veränderungen oder An-/Umbauten, die die Sicherheit der WEA beeinträchtigen könnten, dürfen nur und ausschließlich nach schriftlicher Genehmigung des Herstellers vorgenommen werden.

Die bestimmungsgemäße Verwendung der WEA ist in den Betriebs- und Wartungsanleitungen der WEA beschrieben und wird auch in Schulungen und Trainingseinheiten vermittelt.

3.2.3 Arbeitsabläufe

Die Vorgabe von Arbeitsabläufen soll zusätzlich die Anlagensicherheit erhöhen. Diese werden in Arbeitsanweisungen, Unterweisungen und Schulungen sowie in den Betriebs- und Wartungsanleitungen erläutert.

Stoppen der WEA beim Betreten der Anlage

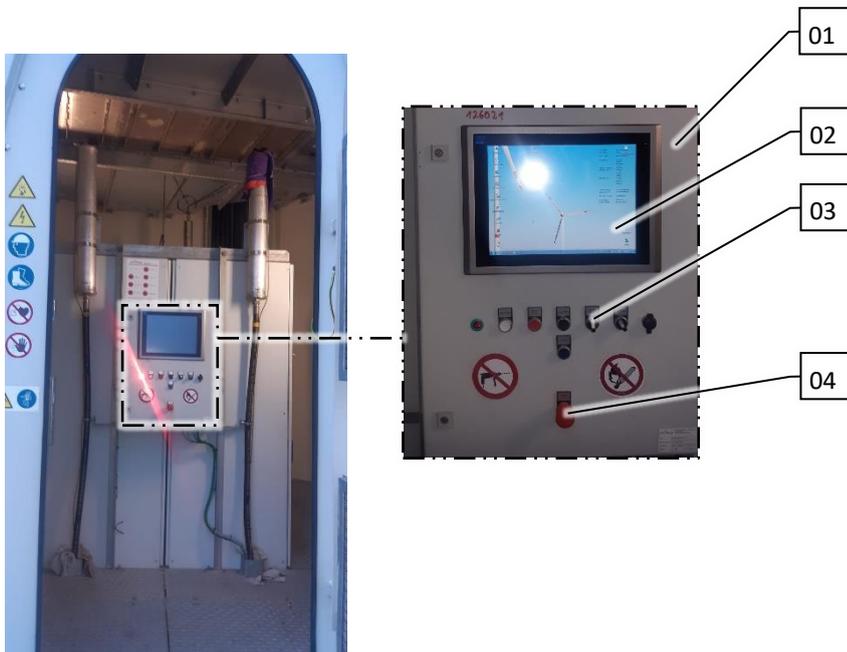


Abbildung 3-7 Eingangsbereich der WEA mit Bedienpanel

Pos.	Beschreibung	Pos.	Beschreibung
01	Bedienterminal	03	Schalter „Service Mode“ (Service-Schalter)
02	Monitor mit Touch-Funktion	04	Schalter „Turbine Stop“ (Not-Halt)



Your reliable and sustainable partner since 1999

Vor dem Betreten der WEA und dem Ausführen von Service- und Wartungsarbeiten wird die zuständige Datenfernüberwachung (DFÜ) über die bevorstehenden Arbeiten informiert. Sofort nach dem Betreten der Anlage werden das Bedienterminal im Turmfuß sowie die umliegenden Schaltschränke visuell inspiziert und die Anlage stillgesetzt. Das Betätigen des Service-Schalters am Bedienterminal versetzt die WEA in den Service-Mode und verhindert den Fremdzugriff durch die DFÜ.

Dieser Arbeitsablauf ist in den Betriebs- und Wartungsanleitungen beschrieben und wird bei Anlagenschulungen und Trainings vermittelt.

Hinweis: Wird der Service-Schalter beim Betreten der Anlage nicht betätigt, greift die technische Maßnahme des Sicherheitsschalters (Sicherheitseinrichtung zum Stillsetzen des Triebstranges und des Azimutsystems an der Durchstiegs Luke).

3.2.4 Sicherheitsunterweisung

Sicherheitsunterweisungen werden jährlich durchgeführt. Die Teilnahme ist verpflichtend und muss mittels Unterschrift in Teilnahmelisten nachgewiesen werden.

3.3 Personenbezogene Arbeitsschutzmaßnahmen

3.3.1 Verhaltensregeln

Für den Aufenthalt an und in WEA gelten Verhaltensregeln. Diese werden regelmäßig geschult und sind in den Betriebs- und Wartungsanleitungen beschrieben.

3.3.2 Schulung

Anlagenschulung

Jede Person, die mit Aufgaben an und/oder in WEA betraut werden soll, muss vor Arbeitsantritt zu der entsprechenden Anlage geschult werden.

Abseiltraining

Jede Person, die mit Aufgaben in WEA betraut werden soll, muss vor dem ersten Betreten einer Anlage ein Abseiltraining absolvieren. Das Training muss in regelmäßigen Abständen (mindestens jährlich) bzw. gemäß den Bestimmungen am Anlagenstandort wiederholt werden.

Nutzung Persönlicher Schutzausrüstung (PSA)

Die Benutzung persönlicher Schutzausrüstung ist vorgeschrieben. In den Betriebs- und Wartungsanleitungen wird jeweils beschrieben, in welcher Situation PSA anzulegen und welche PSA zu benutzen ist. Das Anlegen der persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz (PSAgA) sowie die korrekte Benutzung wird regelmäßig in Schulungs- und Trainingseinheiten trainiert.

3.3.3 Arbeitsmedizinische Untersuchung

Jede Person, die mit Aufgaben in WEA betraut werden soll, muss vor dem ersten Betreten einer Anlage die erforderlichen arbeitsmedizinischen Untersuchungen durchlaufen haben und die gesundheitliche Befähigung nachweisen. Die arbeitsmedizinischen Untersuchungen sind jeweils nach den Bestimmungen am Anlagenstandort zu wiederholen und die gesundheitliche Befähigung ist regelmäßig nachzuweisen.