

12.5 Brandschutz

Anlagen:

- D02144139_1.0_de_Zuwegung und Baustellenflächen E-138 EP3 E2 131 m Hybrid-Stahlurm.pdf
- D0253903-3_#_de_# TB Brandschutz EP1, EP2, EP3, EP4.pdf
- D0971517-1_BSK_E-138_EP3_E2_NH131_HST.pdf
- D0981344-0a_#_de_# Brandschutz_ENERCON_E-Modul_EP3-EM-5E.pdf
- D0340045-5_#_de_# TB Automatische Löschsyste me für Windenergieanlagen.pdf
- E126-EM-03-04-X011-01 Bauteile Löschrack.pdf
- E126-EM-03-X010-00 Übersicht.pdf
- D0648865-0_#_de_# Technische_Beschreibung_Feuerlöscher_in_Windenergieanlagen.pdf

Technische Spezifikation

Zuwegung und Baustellenflächen

ENERCON Windenergieanlage

E-138 EP3 E2

131 m Hybrid-Stahlurm

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, Stefan Lütkemeyer, 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	D02144139/1.0-de		
Vermerk	Originaldokument		
Vertraulichkeit	NUR ZUR PROJEKT-INTERNEN VERWENDUNG		
Datum	Sprache	DCC	Werk / Abteilung
2020-12-22	de	EC	ENERCON PLM GmbH / Site Logistics & Processes

NUR ZUR PROJEKT-INTERNEN VERWENDUNG

NUR ZUR PROJEKT-INTERNEN VERWENDUNG

Mitgelte 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.

Dokument-ID	Dokument
D02144945	Technische Mitteilung Fußgängerzugang zu WEAs
PLM-PM-ABT004	Baustellenordnung für den Bau von ENERCON Windenergieanlagen und Windparks

Inhaltsverzeichnis

	Mitgeltende Dokumente	4
1	Einleitung	7
2	Montage der Windenergieanlage	8
	2.1 Anlieferung der Turmsegmente und WEA-Komponenten	8
	2.2 Montage des Turms	8
	2.3 Montage der Gondel	8
3	Kranteknik	9
	3.1 Eingesetzte Kranteknik	9
	3.2 Aufbau des Krans mit Gittermast	9
4	Transport und Logistik	10
	4.1 Generelles	10
	4.2 Aufbau- und Logistikkonzept	10
5	Zuwegung	11
	5.1 Trassierung	11
	5.1.1 Kreuzungs- und Kurvenbereiche	13
	5.1.2 Kuppen, Wannen und Steigungen	15
	5.1.3 Lichtraumprofil	17
	5.2 Aufbau der Zuwegung	18
	5.2.1 Anforderungen	18
	5.2.2 Untergrund und Oberbau	19
	5.2.2.1 Untergrund und Erdreich	20
	5.2.2.2 Untere Tragschicht	20
	5.2.2.3 Obere Tragschicht	20
6	Baustellenflächen	22
	6.1 Arbeitsbereich am WEA-Standort	22
	6.1.1 Anforderungen	25
	6.1.1.1 Kranstellfläche	26
	6.1.1.2 Montagefläche	27
	6.1.1.3 Lagerfläche	28
	6.1.1.4 Arbeitsebene (falls erforderlich)	28
	6.1.2 WEA-Standorte in Waldgebieten	29
	6.2 Kranauslegermontagefläche	30
	6.3 Zentrale Anlaufstelle	31

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungen

CM	Construction Manager (Gesamtbauleiter)
GPM	General Project Manager (Gesamtprojektleiter)
GST	Großraum- und Schwertransport
WEA	Windenergieanlage

Größen, Einheiten, Formeln

D_{Pr}	Verdichtungsgrad nach Proctorversuch
E_{V1}	Errechneter Verformungsmodul des ersten Belastungszyklus eines statischen Plattendruckversuchs
E_{V2}	Errechneter Verformungsmodul des zweiten Belastungszyklus eines statischen Plattendruckversuchs

1 Einleitung

Sorgfältige Planung und Ausführung der Baustelleninfrastruktur sind die Basis für die wirtschaftliche Abwicklung der Baustelle. Die Transportwege und Baustellenflächen im Windpark müssen einen sicheren und wirtschaftlichen Baustellenverkehr gewährleisten. Eine störungsfreie Funktionalität ist über den gesamten Nutzungszeitraum sicherzustellen.

Diese Spezifikation gilt für den Transport sowie Aufbau mit einem Standard-Großkran einer WEA mit der Turmbezeichnung:

- E-138 EP3 E2-HST-131-FB-C-01

Diese Spezifikation beschreibt die Anforderungen an Zuwegung und Baustellenflächen für die Windpark-Infrastruktur. Neben diesen Informationen müssen auch die folgenden Dokumente in die Planung einbezogen werden.

- Fundamentdatenblatt der zutreffenden Gründungsvariante des Turmtyps
- Technische Beschreibung des Turmtyps
- Datenblätter zu Gewichten und Abmessungen des Turmtyps, der Gondel und der Rotorblätter
- PLM-PM-ABT004 „Baustellenordnung für den Bau von ENERCON Windenergieanlagen und Windparks“
- D02144945 „Technische Mitteilung Fußgängerzugang zu WEAs“

2 Montage der Windenergieanlage

Der Aufbau der WEA erfolgt in mehreren Abschnitten. Diese Abschnitte sind der Fundamentbau, ggf. die Tiefgründung, Aufbau und Montage des Turms und der Gondel. Um wirtschaftlich in kurzer Zeit die Fertigstellung der WEA zu ermöglichen, werden je nach Windparkgröße projektbezogene Aufbaukonzepte entwickelt. Somit können die Arbeitsschritte, wie in den folgenden Unterkapiteln beschrieben, parallel im Windpark durchgeführt werden.

2.1 Anlieferung der Turmsegmente und WEA-Komponenten

Die Anlieferung der Stahlurmsegmente und der Sektionsbleche und Trägerkonstruktionen für die Sektionen des modularen Stahlturms erfolgt abhängig vom Aufbaukonzept auf die jeweilige Baustellenfläche oder Logistikfläche (siehe *Aufbau- und Logistikkonzept*, S. 10). Die anderen WEA-Komponenten werden zum Aufbau der WEA direkt an die vorgesehenen Stellflächen transportiert (z. B. Montagefläche).

Die Turm-Anlagenteile werden zeitlich vorab angeliefert. Die Lagerung am Standort ist nach einem festgelegten Stau-Plan durchzuführen. Die benötigten Baustellenflächen oder Logistikflächen sind exakt nach dieser Spezifikation zu dimensionieren und zu errichten.

2.2 Montage des Turms

Abhängig vom Aufbaukonzept kann die Montage des Hybrid-Stahlsturms auf verschiedene Art und Weise erfolgen. Standardmäßig erfolgt die Montage in zwei Abschnitten: die unteren Turmsektionen werden aus Sektionsblechen vormontiert (z. B. auf der Montagefläche). Dies geschieht in einem separaten Gewerk direkt auf der vorgesehenen Stellfläche. Anschließend werden die Sektionen mit der geeigneten Krantechnik eingehoben und verschraubt.

Die restlichen Stahlrohrturmssektionen werden anschließend an der vorgesehenen Stellfläche angeliefert. Anschließend werden die Stahlrohrturmssektionen mit der benötigten Krantechnik eingehoben und miteinander verschraubt.



Ein projektspezifisches Aufbau- und Logistikkonzept kann durch den ENERCON GPM erstellt werden.

2.3 Montage der Gondel

Die Gondel-Komponenten werden direkt zu den vorgesehenen Stellflächen angeliefert (z. B. Montagefläche). Nach Abschluss der Vormontage wird die vormontierte Gondel mit der einzusetzenden Krantechnik eingehoben und auf dem Turm montiert.

3 Krantechnik

3.1 Eingesetzte Krantechnik

Die Auswahl der jeweiligen Krantypen erfolgt bei der Planung des Windparkkonzepts. Die maximale Bodenpressung unterhalb der Kranketten bzw. Kranpratzen wird mit Lastverteilungsplatten begrenzt. Die maximal zulässige Bodenpressung (siehe Kap. 6.1.1.1, S. 26) ist durch geotechnische Berechnungen nachzuweisen. Beim Einsatz von Raupenkrantechnik ist es u. a. möglich, teilabgerüstet von Standort zu Standort fahren. Dazu müssen vorab auf der Krantrasse die Tragfähigkeit des Bodens (siehe Kap. 6.1.1.1, S. 26) und das lichte Raumprofil (siehe Kap. 5.1.3, S. 17) geprüft werden.

3.2 Aufbau des Krans mit Gittermast

Zur Anlagenerrichtung wird ein Kran mit Gittermast verwendet. Diese Krantechnik stellt besondere Anforderungen an die Kranstellfläche (siehe Kap. 6.1.1.1, S. 26) und benötigt ausreichend Platz zur Gittermastmontage (siehe Kap. 6.1.1.1, S. 26 und Kap. 6.2, S. 30). Das Grundgerät und die einzelnen Kranteile (z. B. Gittermaststücke, Ballast, Anbauteile) werden in der benötigten Anzahl von LKW-Transporten in den Windpark geliefert. Der Aufbau des Krans mit Gittermast erfolgt in folgenden Einzelschritten:

- Anlieferung des Grundgeräts inklusive Hilfskrane
- Ausrichtung des Krans auf der Kranstellfläche
- Anfahrt von ca. 35 LKW zur Anlieferung des Krans
- Gittermastmontage am Standort

Für die Gittermastmontage wird die vorhandene Zuwegung zur Kranstellfläche genutzt. Ist diese nicht nutzbar, ist eine temporäre Behelfsstraße erforderlich.

4 Transport und Logistik

4.1 Generelles

Für den Aufbau einer WEA wird eine große Anzahl von Schwertransporten benötigt. Diese Schwertransporte sind für die Anlieferung der Turmkomponenten, der Anlagenkomponenten, der Krantechnik, für Baugrundverbesserungsmaßnahmen und den Fundamentbau nötig. Diese zum Teil genehmigungspflichtigen Schwertransporte dürfen eine maximale Achslast von 12 t nicht überschreiten.

4.2 Aufbau- und Logistikkonzept

Für größere Windparks, aber auch für WEA an Standorten mit besonderen Anforderungen (z. B. Industriegelände, Deichstandorte, Bergstandorte), werden spezielle Aufbau- und Logistikkonzepte angewendet. Um eine optimale Projektabwicklung zu ermöglichen, sind die örtlichen Gegebenheiten direkt in das Konzept einzubinden. Je nach WEA-Typ, Aufbau- und Logistikkonzept werden zusätzliche Flächen benötigt z. B. eine Logistikfläche und/oder Rotorblattlagerfläche. Die logistischen Mehrkosten trägt der Kunde.

5 Zuwegung

Die Zuwegung innerhalb des Windparks ist ein integraler Bestandteil zur Versorgung der jeweiligen WEA-Standorte mit Material. Weiterhin gewährleistet die Zuwegung die Kranbewegungen im Windpark. Die Zuwegung dient über den gesamten Projektverlauf als Zufahrt für alle Transportarten. Daneben wird die Zuwegung auch für den Rückbau der WEA benötigt. Das Zuwegungs- und Baustellenflächenkonzept sowie die Bauausführung werden entsprechend dieser Spezifikation ausgelegt.



Eine unzureichende Bemessung oder Dimensionierung der Zuwegung kann die Logistik- und Aufbaukosten während des Projektverlaufs erheblich erhöhen. Außerdem steigt die Gefahr von Verzögerungen im Bauablauf.

5.1 Trassierung

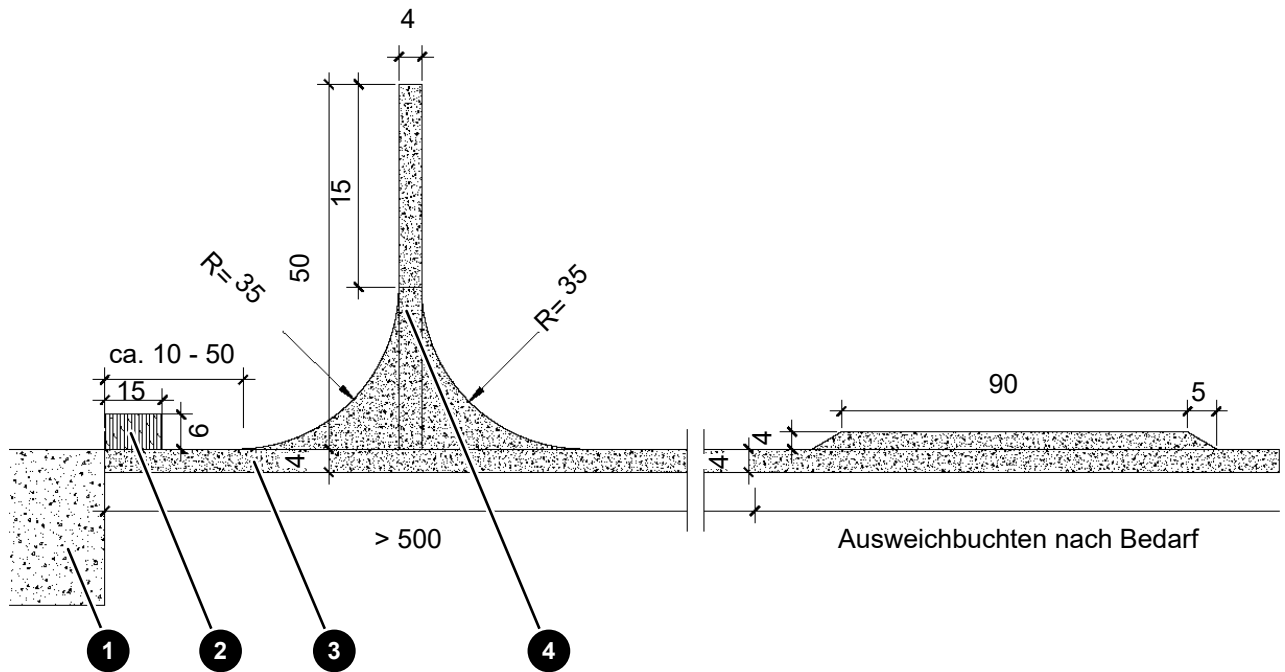


Abb. 1: Trassierungselemente (alle Maßangaben in Meter)

1	Kranstellfläche	2	Parkfläche
3	Zuwegung	4	Wendefläche

Der Einsatz von Groß- und Schwerlasttransporten stellt besondere Anforderungen an die interne Windpark-Zuwegung, an Kreuzungs- und Kurvenbereiche, die Windparkeinfahrten und die öffentlichen Straßen.

Trassierungselemente

Größtenteils werden zur Komponentenanlieferung Transportkombinationen mit Überbreite und hohem Gesamtgewicht eingesetzt. Aufgrund des enormen Transportaufwands und der Transportkosten wird die Trassierung der Windpark-internen Zuwegungen kurz und geradlinig geplant. Die Streckenführung wird so gewählt, dass ein Rück-

NUR ZUR PROJEKT-INTERNEN VERWENDUNG

wärtsfahren von Schwertransporten im beladenen Zustand vermieden wird. Befinden sich WEA-Standorte in einer Sackgassenlage, die eine Länge von 500 m überschreitet, wird die Zuwegung zum Standort mit einer Wendefläche versehen. Die Wendefläche hat eine Länge von min. 50 m. Je nach Örtlichkeit können Wendeflächen auch in kürzeren Abständen (unter 500 m) nötig sein. Diese Notwendigkeit wird durch den ENERCON GPM festgelegt. Auf längeren Zuwegungen werden Ausweichmöglichkeiten bzw. Parkbuchten in ausreichender Anzahl und Länge in Absprache mit dem ENERCON GPM eingeplant.



Ausweichmöglichkeiten ermöglichen einen flüssigen Verkehrsfluss im Begegnungsverkehr und werden ebenso für freie Rettungswege bzw. Rettungsgassen benötigt.

Windparkeinfahrt

Bei Windparkeinfahrten von öffentlichen Straßen ist es empfehlenswert, die ersten 50 m der Einfahrt zu asphaltieren. Somit wird eine Reifenselbstreinigung des Baustellenverkehrs ermöglicht. Die Notwendigkeit ist je nach den örtlichen Gegebenheiten in Absprache mit dem ENERCON GPM zu prüfen.



Bei der Einfahrt von öffentlichen Straßen müssen mögliche behördliche Auflagen beachtet werden!

Parkplätze für Langtransporte

Im Windpark oder in unmittelbarer Nähe müssen eine oder mehrere Flächen ausgewiesen werden, auf denen mindestens 3 Langtransporte zwischengeparkt werden können. Damit wird gewährleistet, dass wartende Transportfahrzeuge den übrigen Baustellenverkehr nicht behindern. Zu den Langtransporten zählen Transporte von Rotorblättern oder Stahlsektionen von Türmen. Als Flächen eignen sich z. B. Ausweichbuchten.

Hindernisse im Trassenverlauf

Sind im Trassenverlauf besondere Hindernisse zu queren, werden diese für den überlaufenden Verkehr deutlich sichtbar gemacht. Bei Überquerungen von Leitungen (z. B. Pipelines, Gasleitungen) erfolgt vorab eine Untersuchung zur Überfahrbarkeit. Das Untersuchungsergebnis wird dem ENERCON GPM zur Einsicht vorgelegt. Ebenfalls wird eine Genehmigung vom Leitungsbetreiber für das Überfahren eingeholt. Leitungen sind durch spezielle Überbauten konstruktiv zu sichern. Um einen Kontakt mit dem Baustellenverkehr zu vermeiden, werden unterquerte Freileitungen deutlich mit Höhenbegrenzungsmarkierungen gekennzeichnet (z. B. durch Holzgestelle).

5.1.1 Kreuzungs- und Kurvenbereiche

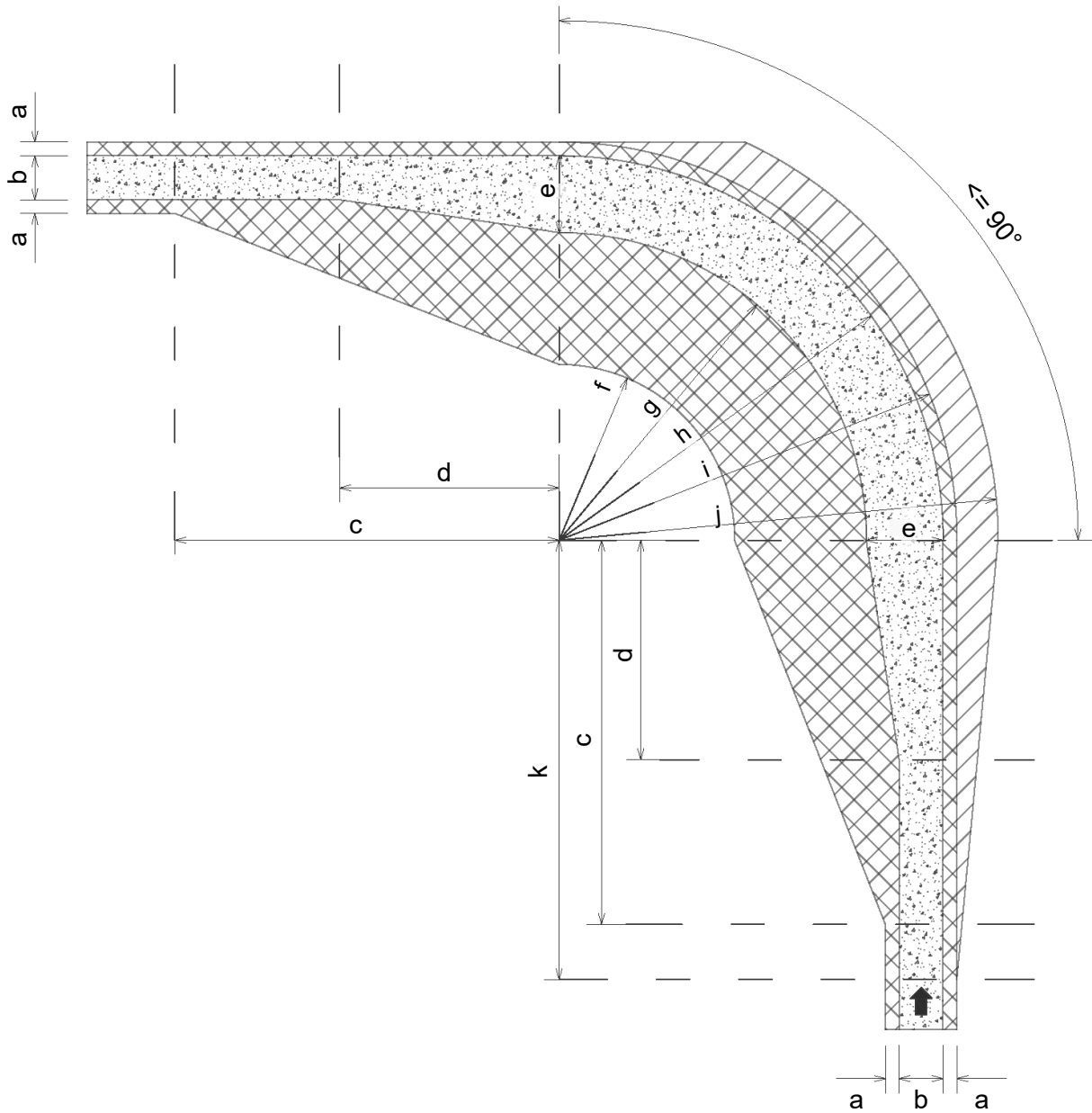


Abb. 2: 90-Grad-Kurve (Konstruktionsschema)

a	0,75 m	Seitlicher Überschwenkbereich (inkl. Sicherheitsabstand)	b	4 m	Befahrbare Breite der Fahrbahn in Geraden
c	40 m	Länge innerer Überschwenkbereich in Kurveneinfahrt	d	35 m	Länge der Kurveneinfahrt
e	7 m	Befahrbare Breite der Fahrbahn in Kurven	f	28 m	Innenradius Überschwenkbereich
g	38 m	Innenradius Kurve	h	45 m	Außenradius Kurve
i	46,25 m	Innenradius äußerer Überschwenkbereich	j	50 m	Außenradius äußerer Überschwenkbereich
k	50 m	Länge äußerer Überschwenkbereich in Kurveneinfahrt			

NUR ZUR PROJEKT-INTERNEN VERWENDUNG

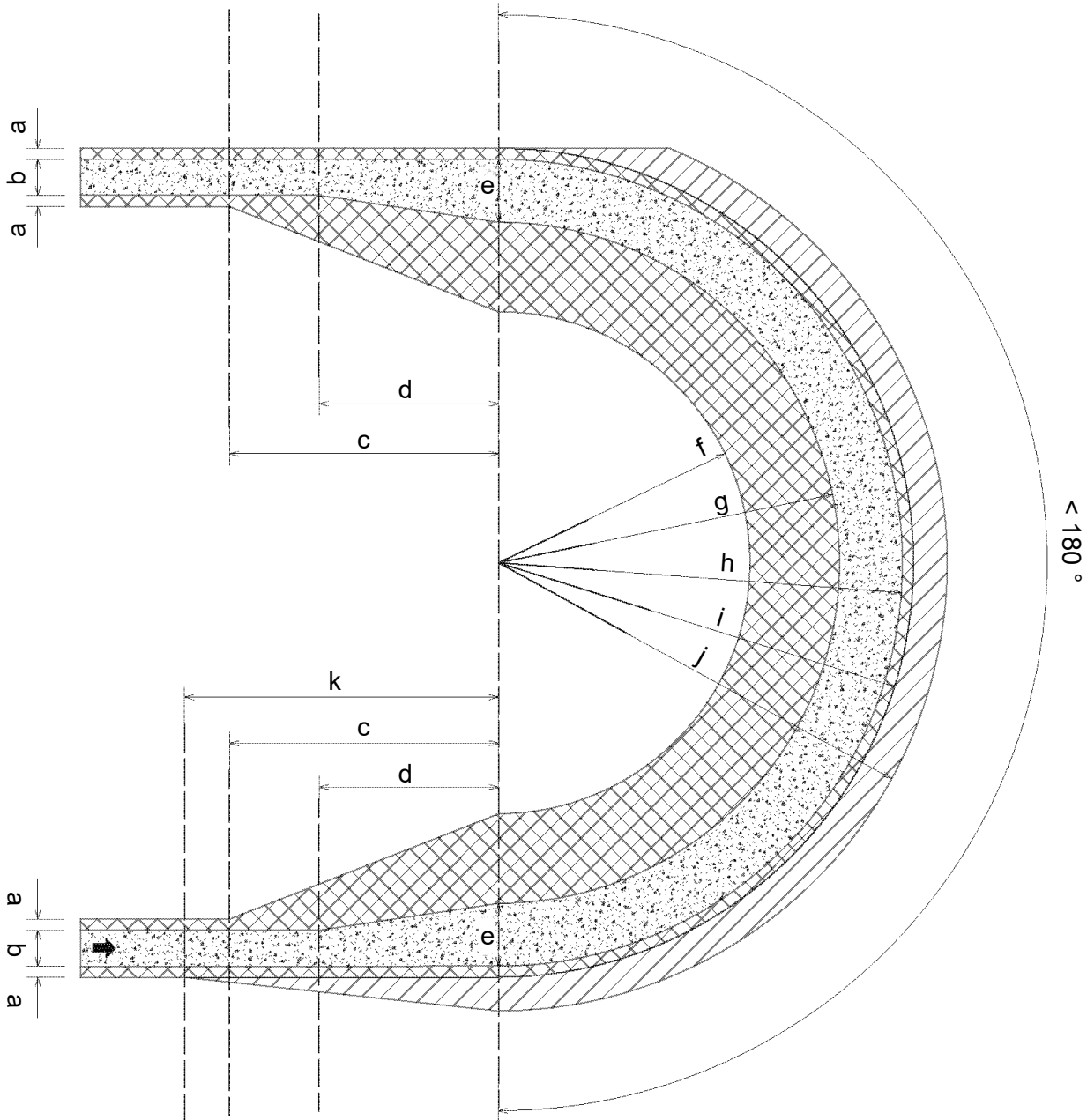


Abb. 3: 180-Grad-Kurve (Konstruktionsschema)

a	0,75 m	Seitlicher Überschwenkbereich	b	4 m	Befahrbare Breite der Fahrbahn in Geraden
c	40 m	Länge innerer Überschwenkbereich in Kurveneinfahrt	d	35 m	Länge der Kurveneinfahrt
e	7 m	Befahrbare Breite der Fahrbahn in Kurven	f	32 m	Innenradius Überschwenkbereich
g	43 m	Innenradius Kurve	h	50 m	Außenradius Kurve
i	51,25 m	Innenradius äußerer Überschwenkbereich	j	55 m	Außenradius äußerer Überschwenkbereich
k	50 m	Länge äußerer Überschwenkbereich in Kurveneinfahrt			

NUR ZUR PROJEKT-INTERNEN VERWENDUNG

Maßgebend für die Dimensionierung der Kurven ist die längste Transportkombination. Die Kurven und Überschwenkbereiche werden gemäß den in der Zeichnung angegebenen Maßen konstruktiv realisiert. Der Innenradius für die befahrbare Zuwegung darf nicht kleiner als 38 m sein. Wenn diese Vorgabe aufgrund der örtlichen Gegebenheiten nicht eingehalten werden kann, muss zwingend mit dem ENERCON GPM Rücksprache über eine Alternativlösung gehalten werden.

Überschwenkbereiche

Transportkombinationen mit Tiefbett und/oder ausschwenkender Ladung müssen Kurven problemlos durchfahren können. Dazu müssen Hindernisse in den Überschwenkbereichen entfernt werden, wenn diese Hindernisse eine bestimmte Höhe überschreiten.

- Hindernisse im inneren Überschwenkbereich dürfen max. 0,15 m über das Niveau der Fahrbahn ragen.
- Hindernisse im äußeren Überschwenkbereich dürfen max. 1,25 m über das Niveau der Fahrbahn ragen.

5.1.2 Kuppen, Wannen und Steigungen

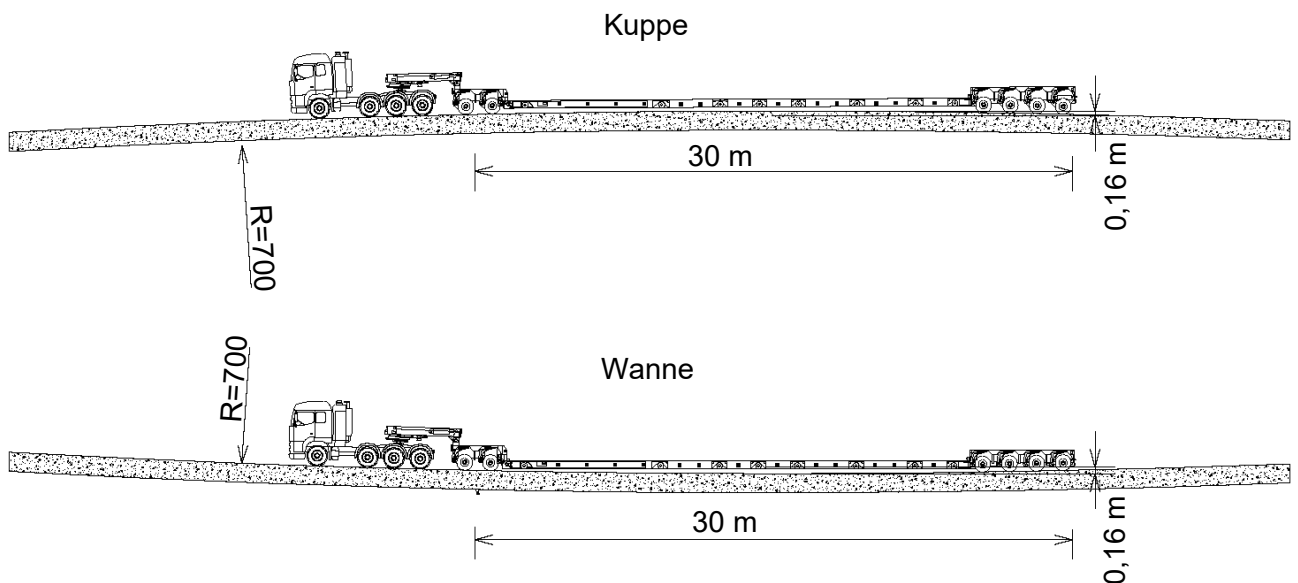


Abb. 4: Kuppe und Wanne, $R=700$ m

Für die Komponentenlieferung werden Fahrzeuge mit einer Gesamtlänge von bis zu 78 m eingesetzt. Für diese überlangen Transportkombinationen dürfen die Zuwegungen einen Kuppen- und Wannenmindesthalbmesser von 700 m nicht unterschreiten. Somit wird ein Aufsetzen verhindert z. B. bei Tiefbett-Transportkombination.

In speziellen Fällen kann der Radius auf $R=400$ m verkleinert werden. Dies erfordert jedoch den Einsatz spezieller Transportkombinationen, die das Tiefbett auf eine Höhe von min. 45 cm anheben können. Der $R=400$ m entspricht einer Überhöhung (Kuppe) bzw. einer Absenkung (Wanne) von 0,26 m auf einer Länge von 30 m.

Steigungen bzw. Gefälle Steigungen bzw. Gefälle auf der Zuwegung können nur bis zu einer max. Steigung von $\leq 12\%$ durch GST bewältigt werden. Ab einer Steigung von 7% wird eine gebundene Tragdeckschicht (z. B. Asphalt, Beton) verbaut. Dadurch wird eine kraftschlüssige Traktion der Transportfahrzeuge ermöglicht. Im Einzelfall können Zughilfen erforderlich sein (Standorte im Hügelland, Gebirge). Dies wird vorab im Detail mit dem ENERCON GPM geklärt. Der ENERCON GPM muss die wirtschaftlichen und terminlichen Auswirkungen bewerten.

Tab. 1: Anforderungen an das Längsprofil der Zuwegung

Parameter	Anforderung
Steigungen/Gefälle bei ungebundener Deckschicht	$\leq 7\%$
Steigungen/Gefälle bei gebundener Deckschicht	$\leq 12\%$
Steigungen innerhalb Kurven mit Seitenneigung	$\leq 4\%$
Bodenfreiheit der Transportfahrzeuge	0,10 m
Radius Bergkuppe/Talsole	700 m



Bei der Verwendung von Kuppen und Wannen in der Trassierung mit Radien zwischen $R=700\text{ m}$ bis $R=400\text{ m}$ wird mit dem ENERCON GPM Rücksprache gehalten.

5.1.3 Lichtraumprofil

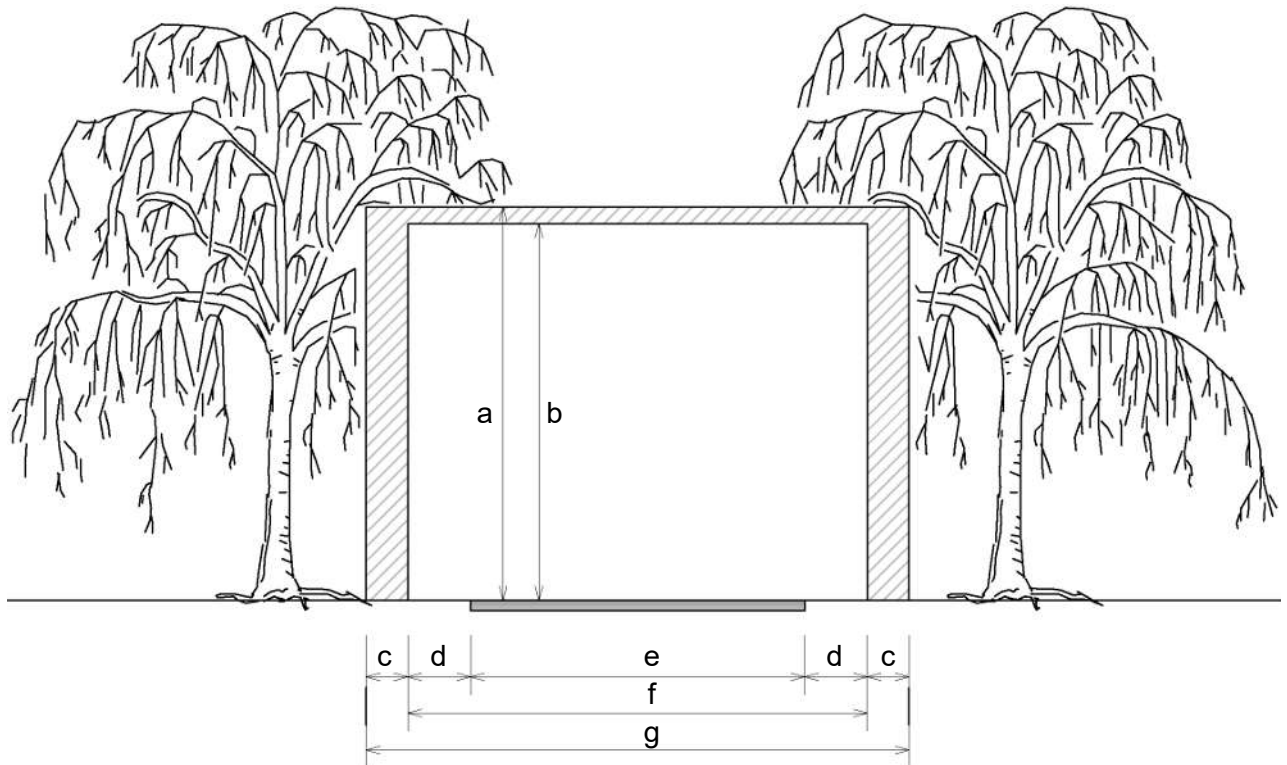


Abb. 5: Lichtraumprofil

a	4,6 m	Lichte Durchfahrtshöhe	b	4,5 m	Lademaß Höhe
c	0,25 m	Seitlicher Sicherheitsabstand	d	0,5 m	Seitlicher Überschwenkbereich
e	4 m	Befahrbare Breite der Fahrbahn	f	5 m	Lademaß Breite
g	5,5 m	Lichte Durchfahrtsbreite			

Für die GST muss ein bestimmtes liches Raumprofil oberhalb der Zuwegung vorhanden sein. Mit der Einhaltung dieses Raumprofils wird die ungehinderte Durchfahrt aller Transporte auf der Zuwegung sichergestellt. Das Raumprofil definiert jenen Raum, der während der Baumaßnahme frei von Hindernissen aller Art gehalten werden muss z. B. von Bauwerken, Versorgungsleitungen, Masten, Bäumen und Ästen.

5.2 Aufbau der Zuwegung

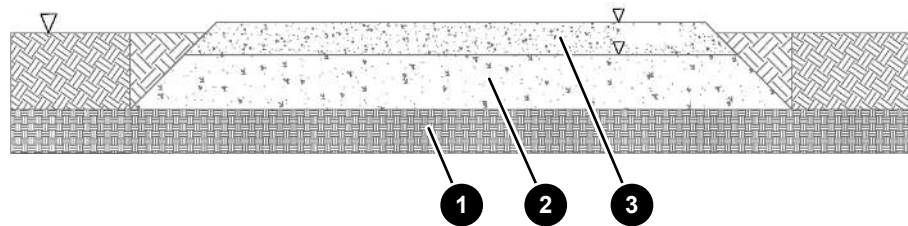


Abb. 6: Schematischer Aufbau der Zuwegung

1	Tragfähiger Untergrund	2	Untere Tragschicht
3	Obere Tragschicht		

Die obere Tragschicht wird mit einer Querneigung oder einem Dachprofil mit einem Gefälle von 2 – 3 % profiliert. Somit ist eine Entwässerung zur Seite sichergestellt. Eine befahrbare Breite von 4 m ist sicherzustellen. Der Seitenbereich (Bankett) ist ebenfalls tragfähig zu konstruieren (Lastabtragungswinkel der Tragschicht beachten).

- Angaben zum Längsprofil siehe Kap. 5.1.2, S. 15



Der tatsächliche konstruktive Aufbau wird anhand der vorherrschenden Bodenverhältnisse vom Straßenplaner bemessen und festgelegt und vor der Ausführung mit dem ENERCON GPM abgestimmt.

5.2.1 Anforderungen

Erkundung

Der konstruktive Aufbau der Zuwegung wird abhängig von der Beschaffenheit des Untergrunds unterschiedlich ausgelegt. Der Untergrund ist durch Baugrundaufschlussbohrungen und -sondierungen ausreichend zu erkunden. Anzahl und Tiefe der Untersuchungen sind vom Baugrundgutachter abhängig vom Untergrundaufbau festzulegen. Auf Grundlage der Baugrunduntersuchungsergebnisse wird der konstruktive Aufbau der Zuwegung festgelegt.

Gebrauchstauglichkeit

Die Zuwegungen werden für die auftretende Verkehrsbelastung ausreichend tragfähig und gebrauchstauglich über die gesamte Nutzungsdauer hergestellt. Die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit müssen auch bei starken Regenfällen gegeben sein. Es ist sicherzustellen, dass die obere Tragschicht dauerhaft frei von Schlaglöchern ist. Die maximale Spurrillentiefe ist auf 7,5 cm zu begrenzen. Es wird ebenfalls konstruktiv eine Entwässerung der Zuwegung eingeplant. Bei Schneefällen und Vereisungen muss durch Schneeräum- und Streudienst die sichere Befahrbarkeit gewährleistet werden.



Schneeräum- und Streudienst sind Aufgabe des Windparkbetreibers.



Die Ausführungsplanung sowie alle Vorgaben zur Prüfung, Untersuchungen, Auswertungen und Nachweise sind dem ENERCON GPM unaufgefordert zur Prüfung vorzulegen.

5.2.2 Untergrund und Oberbau

Um einen sicheren, funktionalen und wirtschaftlichen Transportfluss während der Baumaßnahme zu ermöglichen, sind folgende Anforderungen zwingend einzuhalten:

Tab. 2: Mindestanforderungen an die Zuwegung

Parameter	Anforderung
Befahrbare Breite der Zuwegung	4 m
Maximal zulässige Spurrillentiefe	7,5 cm
Seitenneigung der Zuwegung speziell in Kurven und an Steigungen	2 - 3 %
Seitenneigung der Zuwegung (nur auf geraden Strecken ohne Steigung/Gefälle)	≤ 5 %
Maximale Achslast	12 t
Maximales Gesamtgewicht der Transportkombination	160 t
Verformungsmodul untere Trag-schicht	$D_{Pr} \geq 100 \% / E_{V2}/E_{V1} \leq 2,3$
Verformungsmodul obere Trag-schicht	$D_{Pr} \geq 100 \% / E_{V2}/E_{V1} \leq 2,3$

Die geforderten Verformungsmodule werden vom ausführenden Unternehmen für die jeweils eingebaute Schicht geprüft und protokolliert. Bei Nichteinhaltung der geforderten Werte werden Maßnahmen zur Verbesserung vorgenommen. Generell empfiehlt sich ein statischer Plattendruckversuch auf den jeweils eingebauten Lagen.

Abhängig vom Geotechnischen Bericht ist ein statischer Plattendruckversuch alle 200 – 500 m auf der Zuwegung durchzuführen. An Übergängen von bestehenden Straßen zu Baustraßen, an Kreuzungen sowie an Abzweigungen sind ebenfalls statische Plattendruckversuche durchzuführen.

Folgende Punkte sind zu prüfen und die Ergebnisse zu protokollieren:

- Aufbau der Zuwegung (Material und Einbaustärke)
- Ausreichende Verdichtung des Baumaterials
- Tragfähigkeit der Zuwegung
- Tragfähigkeit von Brücken
- Tragfähigkeit von Durchlässen und Verrohrungen
- Abstände zu Gräben, Vertiefungen und Gewässern
- Abstände zu Kabeltrassen und Freileitungen
- Überfahrbarkeit von verlegten Leitungen (z. B. Pipelines)



Es kann sinnvoll sein (lange Verkehrswege, schlechter Baugrund), die Zuwegung nicht auf Grundlage der vorgegebenen Verformungsmodule, sondern aufgrund der Verkehrsbelastung unter Berücksichtigung der Achsübergänge zu bemessen.



Um die befahrbare Breite der Zuwegung von 4,0 m einzuhalten, muss die Zuwegung wegen des Lastabtrags auf 4,5 m oder breiter ausgebaut werden.

5.2.2.1 Untergrund und Erdreich

Ein tragfähiger Untergrund ist die Basis zur Aufnahme der hohen Flächenpressung durch GST und eingesetzte Krantechnik. Daher werden ggf. der Mutterboden und evtl. anstehende, nicht-tragfähige Böden bis zur ersten tragfähigen Schicht aus gewachsenem Boden ausgekoffert. Sind bindige und organische Böden nicht tragfähig, werden diese ausgetauscht und durch lagenweise verdichtetes, geeignetes Füllmaterial (z. B. Sand) ersetzt. Alternativ sind auch weitere technische Verfahren anwendbar (z. B. Vermörtelung, Geogitteraufbau).

Die Tragfähigkeit des Untergrunds muss nachgewiesen werden. Der benötigte Lastausbreitungswinkel der geplanten Zuwegung wird beim Auskoffern in der Breite miteinkalkuliert.

5.2.2.2 Untere Tragschicht

Die untere Tragschicht besteht bei Windpark-internem Zuwegungsbau aus ungebundenen Materialien wie Sand, Kies oder gebrochenem Naturstein. Über diese Tragschicht werden die Verkehrslasten in den Untergrund abgeleitet. Die Tragschicht muss den klimatischen und mechanischen Beanspruchungen standhalten. Das eingebaute Material muss für den Straßenbau zertifiziert sein. Die Sieblinien der eingebauten Materialien haben den länderspezifischen Verordnungen in der jeweils gültigen Fassung zu entsprechen. Die Eignung des Materials ist durch aktuelle Prüfzeugnisse vor dem Einbau nachzuweisen. Das Erreichen der notwendigen Tragfähigkeit wird über eine abgestufte Korngrößenverteilung sichergestellt und ist mit dem Baugrundgutachter abzustimmen.

Ziegelbruch wird als Schüttgut für die Tragschicht nicht genutzt. Das Material wird durch Feuchtigkeit zerrieben und verliert seine Festigkeit.

Die fachgerechte Verdichtung der Tragschicht ist lagenweise sicherzustellen.

5.2.2.3 Obere Tragschicht

Material Als Material für die obere Tragschicht wird zertifiziertes gebrochenes Schüttgut verwendet z. B. Schotter oder gebrochener Naturstein. Es wird eine Gesteinskörnung im Bereich von 0/32 – 0/45 mm verwendet. Der Feinanteil der Gesteinskörnung darf 5 % nicht überschreiten. Die Sieblinie der eingebauten Materialien hat den länderspezifischen Verordnungen in der jeweils gültigen Fassung zu entsprechen. Die Eignung des Materials ist durch aktuelle Prüfzeugnisse vor dem Ein-

bau nachzuweisen. Die obere Tragschicht wird gleichmäßig mit einer Überhöhung von min. 10 cm zum anliegenden Gelände eingebaut. Die Mindestschichtstärke beträgt 25 cm.

Um den Beanspruchungen der hohen Verkehrslasten gerecht zu werden, wird die obere Tragschicht lagenweise fachgerecht verdichtet.

Gebundene obere Tragschicht

Weist die Zuwegung eine Steigung von 7 % bis max. 12 % auf, wird die obere Tragschicht hydraulisch oder bituminös gebunden. Die obere Tragschicht ermöglicht einen kraftschlüssigen Verbund zum überfahrenden GST und verhindert das Durchdrehen der Räder.

Windparkeinfahrt

Bei Windparkeinfahrten von öffentlichen Straßen ist es empfehlenswert, die ersten 50 m der Einfahrt zu asphaltieren. Somit wird eine Reifenselbstreinigung des Baustellenverkehrs ermöglicht. Die Notwendigkeit ist je nach den örtlichen Gegebenheiten in Absprache mit dem ENERCON GPM zu prüfen.

6 Baustellenflächen

6.1 Arbeitsbereich am WEA-Standort

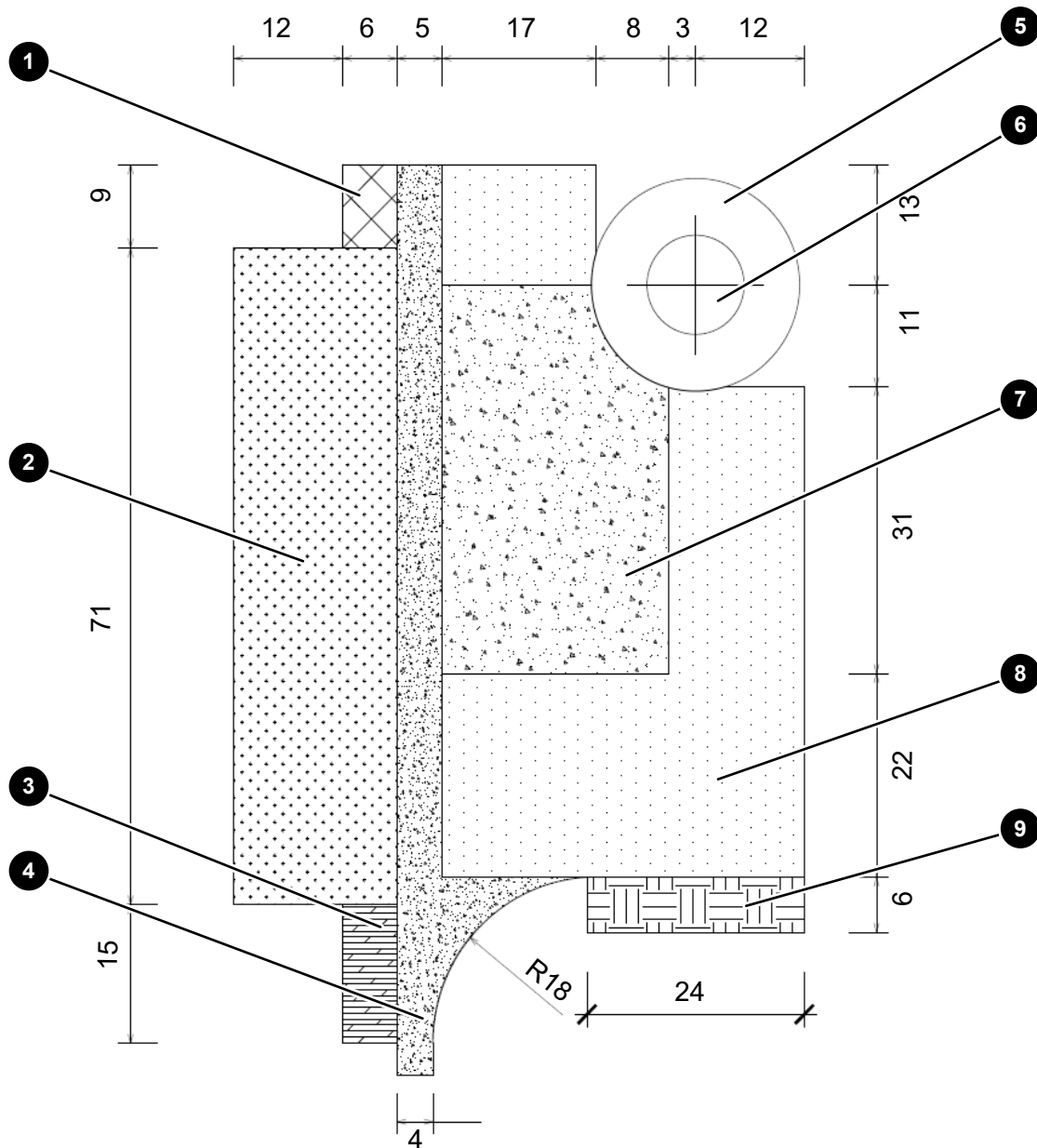


Abb. 7: Arbeitsbereich am WEA-Standort, Baumaß (alle Maßangaben in Meter)

1 Müllsammelplatz	2 Lagerfläche
3 Parkfläche	4 Zuwegung
5 Fundament	6 Turm
7 Kranstellfläche	8 Montagefläche
9 Containerzone	

Im Arbeitsbereich am Standort der zu errichtenden WEA werden unterschiedliche Tätigkeiten durchgeführt. Dies reicht vom Fundamentbau bis hin zum Aufsetzen der Gondel auf den Turm. Der Arbeitsbereich besteht aus verschiedenen Baustellenflächen zur Montage und Lagerung von WEA-Komponenten, für die unterschiedliche Anforderungen gelten. Ausreichend groß dimensionierte und tragfähige Baustellenflächen sind daher für einen sicheren und wirtschaftlichen Projektablauf zwingend notwendig.

Bauablauf Der Ablauf von Bautätigkeiten im Arbeitsbereich der WEA unterscheidet sich je nach Art des WEA-Fundaments.

Bauablauf bei **Fundamenten unter Geländeoberkante**, bei denen die Baugrube vollständig verfüllt wird:

1. Herstellung des gesamten Unterbaus von Kranstellfläche und Montagefläche. Die obere Tragschicht wird bis auf einen Abstand von ca. 16,5 – 18 m zum Fundamentmittelpunkt aufgetragen. Gegebenenfalls Herstellung einer Arbeitsebene.
2. Herstellung des Fundaments.
3. Verfüllung der Baugrube. Vervollständigung der oberen Tragschicht der Kranstellfläche und der Montagefläche bis an den Fundamentsockel. Überarbeitung und Profilierung der gesamten Kranstellfläche gemäß Mindestanforderungen.
4. Aufbau des Turms und der WEA. Der Bereich um das Fundament muss währenddessen eben und nutzbar sein.

Bauablauf bei **Fundamenten unter Geländeoberkante mit Sockel über Geländeoberkante**:

1. Herstellung des gesamten Unterbaus von Kranstellfläche und Montagefläche. Die obere Tragschicht wird bis auf einen Abstand von ca. 16,5 – 18 m zum Fundamentmittelpunkt aufgetragen. Gegebenenfalls Herstellung einer Arbeitsebene.
2. Herstellung des Fundaments.
3. Verfüllung der Baugrube bis Geländeoberkante. Vervollständigung der oberen Tragschicht der Kranstellfläche und der Montagefläche etwa bis etwa zur Hälfte des Fundamentsporns. Überarbeitung und Profilierung der gesamten Kranstellfläche gemäß Mindestanforderungen.
4. Aufbau des Turms und der WEA. Der Bereich um das Fundament muss währenddessen eben und nutzbar sein.
5. Aufbringen der Erdauflast bis zum Fundamentsockel nach Fertigstellung der WEA.

Bauablauf bei **Fundamenten auf Geländeoberkante**:

1. Herstellung des gesamten Unterbaus von Kranstellfläche und Montagefläche. Die obere Tragschicht wird bis auf einen Abstand von ca. 16,5 – 18 m zum Fundamentmittelpunkt aufgetragen. Gegebenenfalls Herstellung einer Arbeitsebene.
2. Herstellung des Fundaments.
3. Vervollständigung der oberen Tragschicht der Kranstellfläche und der Montagefläche bis an die Fundamentkante. Überarbeitung und Profilierung der gesamten Kranstellfläche gemäß Mindestanforderungen.

4. Aufbau des Turms und der WEA. Der Bereich um das Fundament muss währenddessen eben und nutzbar sein.
5. Anböschungen des Fundaments bzw. Aufbringen der Erdauflast nach Fertigstellung der WEA.



Die Erdauflast wird nach Fertigstellung der WEA auf das Fundament aufgebracht, damit die Fläche beispielsweise für Hubsteiger verfügbar bleibt. Ist die Fläche nicht verfügbar, können Mehrkosten für Ertüchtigungsmaßnahmen entstehen.

Höhenunterschiede

Um einen sicheren und reibungslosen Bauablauf zu gewährleisten, sind die folgenden Höhenunterschiede einzuhalten:

- Zwischen Baustellenflächen und umliegendem Gelände: Sofern Baustellenflächen mit einem Höhenunterschied $>0,30$ m zum umliegenden Gelände angelegt werden, werden die Seitenbereiche mit 45° abgebösch. Abhängig von der Höhe der Böschung ergibt sich ein umlaufender Streifen, der nicht belastet werden darf. Gegebenenfalls ist die Fläche zu vergrößern, um die erforderliche Nutzfläche herzustellen.
- Zwischen Kranstellfläche und Montagefläche: Die beiden Flächen befinden sich auf gleichem Höhenniveau.
- Zwischen Kranstellfläche und Fundamentoberkante: Der zulässige Höhenunterschied ist dem Fundamentdatenblatt zu entnehmen.

Sind größere Höhenunterschiede aufgrund der örtlichen Gegebenheiten erforderlich, wird dies mit dem ENERCON GPM abgesprochen.

Lagerung von Erdaushub

Überschüssiger Erdaushub, der während der Bauphase angefallen ist und nicht zum Verfüllen der Fundamentbaugrube verwendet wird, wird ausschließlich außerhalb des Arbeitsbereichs in Mieten gelagert. Beim Anlegen der Erdmieten ist die geplante Kabeltrasse und Kabeleinführung von und zur WEA zu berücksichtigen. Der Mindestabstand der Erdmieten zum Arbeitsbereich beträgt 4 m. Um die Anlieferung der Turm- und WEA-Komponenten nicht zu behindern, darf kein Erdaushub im Überschwenkbereich der Transportfahrzeuge gelagert werden. Dasselbe gilt entlang der Kranauslegermontagefläche. Bei Nichtverwendung wird überschüssiger Erdaushub vollständig entfernt.

Standorte für Winden

Um die WEA-Komponenten während des Hubvorgangs zu führen, werden sie mit Seilen und Winden in Position gehalten. Die Position der Winden ist unter anderem abhängig von der zu hebenden Komponente und der Windsituation und wird kurzfristig mit dem ENERCON CM oder dem Aufbauteam abgestimmt. Die Winden werden in einem Mindestabstand zum Turmfuß positioniert, der der 1 – 1,5-fachen Turmhöhe in Metern entspricht.

Der Windenstandort muss mit einem Teleskoplader erreichbar sein. Abhängig von der lokalen Beforstungsdichte können zusätzliche Rodungsschneisen nötig sein.



Abweichungen von den hier beschriebenen Standards können sich auf das Aufbau- und Logistikkonzept auswirken. Dies führt zu Mehrkosten, längeren Bauzeiten und ggf. Verzögerungen im Projektverlauf. Anpassungen aufgrund der örtlichen Gegebenheiten sind mit dem ENERCON GPM abzustimmen.

6.1.1 Anforderungen

Erkundung

Der konstruktive Aufbau der Kranstellfläche und der Montagefläche kann sich abhängig von der Beschaffenheit des Baugrunds unterscheiden. Der Baugrund ist durch Baugrundaufschlussbohrungen und -sondierungen ausreichend zu erkunden. Alle setzungs- und grundbruchrelevanten Bodenschichten sind dabei zu erfassen. Anzahl und Tiefe der Untersuchungen sind vom Baugrundgutachter abhängig vom Untergrundaufbau festzulegen. Auf Grundlage der Baugrunduntersuchungsergebnisse wird der konstruktive Aufbau der Kranstellfläche und der Montagefläche festgelegt.

Gebrauchstauglichkeit

Die Baustellenflächen werden für die auftretenden Belastungen ausreichend tragfähig und gebrauchstauglich über die gesamte Nutzungsdauer hergestellt. Die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit müssen auch bei starken Regenfällen gegeben sein. Die maximale Spurrillentiefe ist auf 7,5 cm zu begrenzen. Es wird ebenfalls konstruktiv eine Entwässerung der Flächen eingeplant. Bei Schneefällen und Vereisungen muss durch Schneeräum- und Streudienst die sichere Befahrbarkeit gewährleistet werden.



Schneeräum- und Streudienst sind Aufgabe des Windparkbetreibers.



Die Ausführungsplanung sowie alle Vorgaben zur Prüfung, Untersuchungen, Auswertungen und Nachweise sind dem ENERCON GPM unaufgefordert zur Prüfung vorzulegen.

6.1.1.1 Kranstellfläche

Auf der Kranstellfläche wird die Krantechnik platziert. Hier finden die Hauptbautätigkeiten statt. Auf diese Fläche wirkt die höchste Beanspruchung aus Verkehrs- und Flächenlasten. Eine unzureichend bemessene oder dimensionierte Kranstellfläche kann zu unvorhersehbaren Bewegungen bzw. zum Umsturz des Krans führen.

Material Als Material für die obere Tragschicht wird zertifiziertes gebrochenes Schüttgut verwendet z. B. Schotter, gebrochener Naturstein oder gleichwertiges Material, mit dem die Anforderungen erfüllt werden können. Die Mindestschichtstärke beträgt 25 cm. Es wird eine Gesteinskörnung im Bereich von 0/32 – 0/45 mm verwendet. Der Feinanteil der Gesteinskörnung darf 5 % nicht überschreiten. Die Sieblinie der eingebauten Materialien hat den länderspezifischen Verordnungen in der jeweils gültigen Fassung zu entsprechen. Die Eignung des Materials ist durch aktuelle Prüfzeugnisse vor dem Einbau nachzuweisen.

Tab. 3: Mindestanforderungen an die Kranstellfläche

Parameter	Anforderung
Oberflächenebenheit	≤0,25 %
Mindestbelastbarkeit	200 kN/m ²
Verformungsmodul untere Tragschicht	$D_{Pr} \geq 100 \%$ / $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,3$
Verformungsmodul obere Tragschicht	$D_{Pr} \geq 103 \%$ / $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,3$

Die Tragfähigkeit der Kranstellfläche ist durch Grundbruchberechnungen bzw. bei Hanglagen durch Böschungsbruchberechnungen nachzuweisen. Um ein Überschreiten der maximal zulässigen Schiefstellung des Krans zu vermeiden, sind Setzungsberechnungen durchzuführen. Die Kranlasten werden durch Lastverteilungsplatten unterhalb der Ketten bzw. Pratzen auf die angegebene zulässige Bodenpressung reduziert.

Die geforderten geotechnischen Nachweise der Lastverteilung sind jeweils für eine Fläche mit den folgenden Abmessungen zu erbringen:

- 2 m x 10 m
- 5 m x 10 m

Folgende Punkte sind zu prüfen und die Ergebnisse zu protokollieren:

- Aufbau der Baustellenfläche (Material und Einbaustärke)
- Ausreichende Verdichtung des Baumaterials
- Abstände zu Gräben, Vertiefungen und Gewässern
- Abstände zu Kabeltrassen und Freileitungen

6.1.1.2 Montagefläche

Die Montagefläche dient hauptsächlich zur Lagerung der Stahlsektionen, Sektionsbleche und Trägerkonstruktionen und als Arbeitsbereich für die Montage der Sektionen des modularen Stahlturms und der WEA-Komponenten. Diese Fläche wird nur während der Baumaßnahme benötigt und kann nach Abschluss der Arbeiten im Windpark zurückgebaut werden.

Material Als Material für die obere Tragschicht wird zertifiziertes gebrochenes Schüttgut verwendet z. B. Schotter, gebrochener Naturstein oder gleichwertiges Material, mit dem die Anforderungen erfüllt werden können. Die Mindestschichtstärke beträgt 25 cm. Es wird eine Gesteinskörnung im Bereich von 0/32 – 0/45 mm verwendet. Der Feinanteil der Gesteinskörnung darf 5 % nicht überschreiten. Die Sieblinie der eingebauten Materialien hat den länderspezifischen Verordnungen in der jeweils gültigen Fassung zu entsprechen. Die Eignung des Materials ist durch aktuelle Prüfzeugnisse vor dem Einbau nachzuweisen.

Tab. 4: Mindestanforderungen an die Montagefläche

Parameter	Anforderung
Oberflächenebenheit	≤ 1 %
Mindestbelastbarkeit	135 kN/m ²
Verformungsmodul untere Tragschicht	$D_{Pr} \geq 100 \%$ / $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,3$
Verformungsmodul obere Tragschicht	$D_{Pr} \geq 103 \%$ / $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,3$

Die Tragfähigkeit der Montagefläche ist durch Grundbruchberechnungen bzw. bei Hanglagen durch Böschungsbruchberechnungen nachzuweisen. Um ein Überschreiten der maximal zulässigen Schiefstellung des Krans zu vermeiden, sind Setzungsberechnungen durchzuführen. Die Kranlasten werden durch Lastverteilungsplatten unterhalb der Ketten bzw. Pratzen auf die angegebene zulässige Bodenpressung reduziert.

Die geforderten geotechnischen Nachweise der Lastverteilung sind jeweils für eine Fläche mit den folgenden Abmessungen zu erbringen:

- 1 m x 8 m
- 3 m x 8 m

Folgende Punkte sind zu prüfen und die Ergebnisse zu protokollieren:

- Aufbau der Baustellenfläche (Material und Einbaustärke)
- Ausreichende Verdichtung des Baumaterials
- Abstände zu Gräben, Vertiefungen und Gewässern
- Abstände zu Kabeltrassen und Freileitungen

6.1.1.3 Lagerfläche

Die Lagerfläche dient unter anderem zur Lagerung von Rotorblättern und teilweise auch von Baustellenausrüstung wie Materialcontainer, Transportgestellen etc. Die Fläche wird seitlich der Kranstellfläche eingerichtet. Sie muss nicht befestigt, jedoch in ihrer Beschaffenheit eben, glattgezogen, trocken und frei von Wurzeln und Gehölz sein. Die Befahrbarkeit mit einem Teleskoplader muss gewährleistet sein.



Bei Nichteinhaltung der oben gegebenen Eigenschaften behält sich ENERCON vor, Mehrkosten durch Ertüchtigungsmaßnahmen beim Betreiber geltend zu machen.

6.1.1.4 Arbeitsebene (falls erforderlich)

Auf der Arbeitsebene steht das Trägergerät zur Erstellung von Pfahlgründungen oder Baugrundverbesserungsmaßnahmen durch Rüttelstopfverdichtung oder Rütteldruckverdichtung.

Tab. 5: Mindestanforderungen an die Arbeitsebene

Parameter	Anforderung
Form: Kreis	Absprache mit dem ENERCON GPM
Oberflächenebenheit	≤1 %
Mindestbelastbarkeit	Absprache mit dem ENERCON GPM
Verformungsmodul untere Tragschicht	$D_{Pr} \geq 100 \% / E_{V2}/E_{V1} \leq 2,3/$

Folgende Prüfungen sind durchzuführen und zu protokollieren:

- Verdichtung (statische Lastplattendruckversuche, Rammsondierung)
- Abstände zu Gräben, Vertiefungen und Gewässern
- Abstände zu Kabeltrassen und Freileitungen
- Gefälle der Oberflächen zur Entwässerung

6.1.2 WEA-Standorte in Waldgebieten

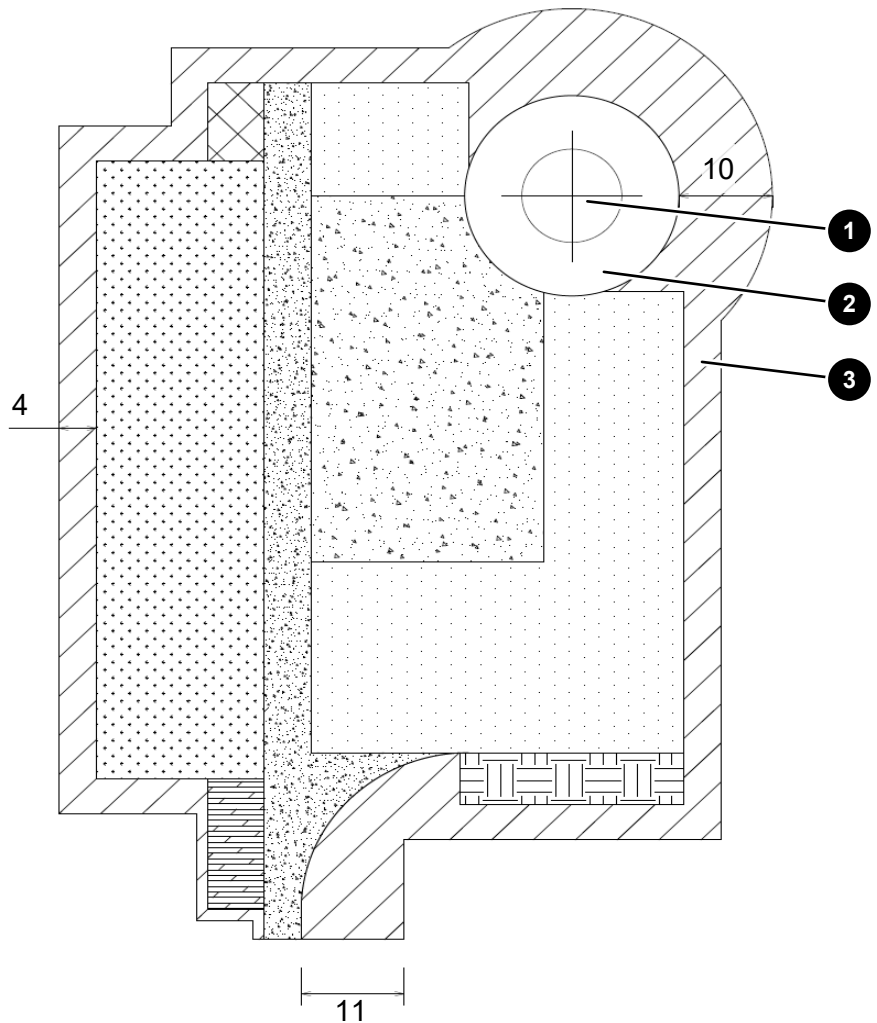


Abb. 8: Arbeitsbereich am WEA-Standort in Waldgebieten, Baumaß (alle Maßangaben in Meter)

1	Fundament	2	Turm
3	Rodungszone		

Bei der Errichtung von WEA in Waldgebieten wird rings um den Arbeitsbereich am WEA-Standort und um das Fundament eine Fläche freigehalten bzw. gerodet. Während der Bauarbeiten darf kein Erdaushub in der Rodungszone gelagert werden. Die Rodungszone kann zum Teil nach der Errichtung der WEA wieder aufgeforstet werden.

Um die Rotorblätter während des Hubvorgangs zu führen, werden sie mittels Seilen und Winden abgespannt und in Position gebracht. Die Fixierung der Winden erfolgt am Boden in einem Mindestabstand von 1x Turmhöhe in Metern zur Rotorblattspitze. Abhängig von der lokalen Beforstungsdichte können zusätzliche Rodungsschneisen zur Abspannung nötig sein (vgl. *Standorte für Winden*, S. 24). Dies wird mit dem ENERCON GPM abgestimmt.

6.2 Kranauslegermontagefläche

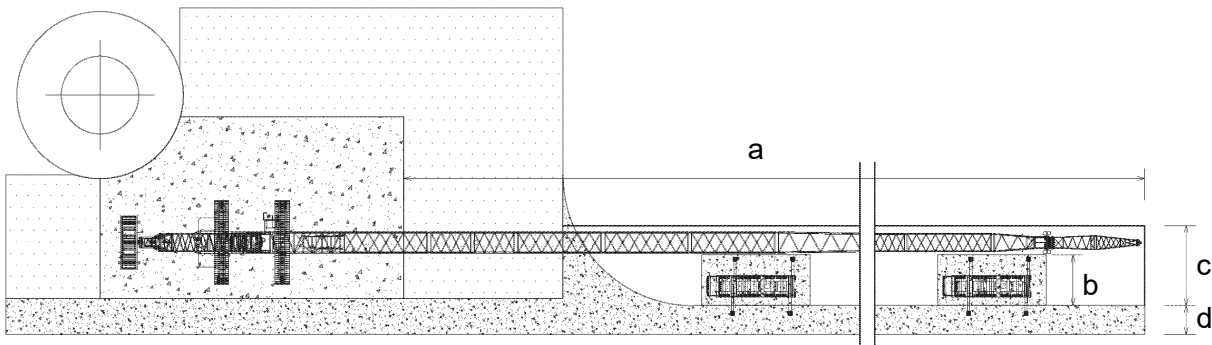


Abb. 9: Kranauslegermontagefläche

a	153 m	Länge Kranauslegermontagefläche ab Kranstellfläche	b	10 m	Breite Hilfskranstellfläche
c	15 m	Gesamtbreite Kranauslegermontagefläche	d	4 m	Befahrbare Breite der Fahrbahn

Der Gittermastausleger des Hauptkrans wird aus Einzelkomponenten auf einer Länge von bis zu 153 m montiert. Auch während der Aufbauarbeiten muss gewährleistet sein, dass bei steigenden Windgeschwindigkeiten der Gittermast des Großkrans abgelegt werden kann. Dies setzt eine lichte Schneise in Länge des Gittermastauslegers voraus. Gittermastausleger können nur bis zu einer bestimmten Steigung bzw. einem bestimmten Gefälle montiert werden. Bei Höhenunterschieden auf der Kranauslegermontagefläche wird Rücksprache mit dem ENERCON GPM gehalten. Dies gilt insbesondere bei Gefälle vom Grundgerät zur Gittermastspitze.

Hilfskranstellflächen

Der Gittermastausleger des Großkrans wird mit Unterstützung eines Hilfskrans montiert und aufgerichtet. Der Hilfskran wird seitlich des Gittermastauslegers positioniert. Um die Einzelteile des Auslegers nacheinander montieren zu können, ist für den Hilfskran eine befestigte Straße erforderlich. Ist die Zuwegung zur Kranstellfläche gradlinig, lang genug und die örtlichen Gegebenheiten machen die Gittermastmontage möglich, wird sie dafür genutzt. Trifft dies nicht zu, wird eine provisorische Behelfsstraße errichtet. Zur Abstützung und Lastverteilung des Hilfskrans werden in bestimmten Abständen ca. 10 m breit Hilfskranstellflächen unmittelbar neben die Zuwegung bzw. die Behelfsstraße gebaut. Anzahl und Lage der Hilfskranstellflächen werden mit dem ENERCON GPM und dem Krandienstleister abgestimmt.

Tab. 6: Anforderungen an die Kranauslegermontagefläche

Parameter	Anforderung
Tragfähigkeit der Zuwegung bzw. Behelfsstraße	12 t Achslast
Flächenpressung der Hilfskranstellflächen	min. 135 kN/m ²



Der Bau einer temporären und provisorischen Behelfsstraße zur Gittermastmontage kann eine behördliche Genehmigung voraussetzen. Dies muss vom **Betreiber** vorab geprüft werden.

6.3 Zentrale Anlaufstelle

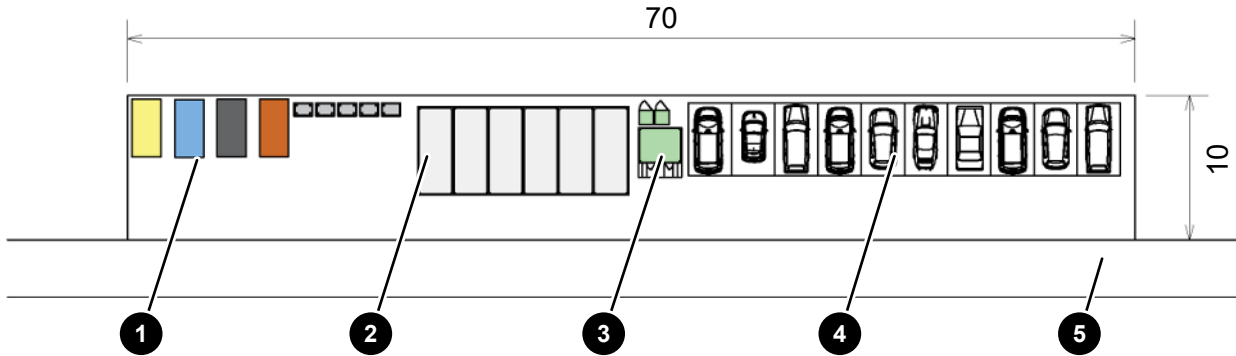


Abb. 10: Zentrale Anlaufstelle (alle Maßangaben in Meter)

1	Müllsammelbehälter	2	Baustellencontainer
3	Sanitäreinrichtungen	4	PKW-Parkplätze
5	Zuwegung		

In jedem Windpark wird zentrale Infrastruktur benötigt. Zur zentralen Infrastruktur zählen unter anderem das Containerbüro des ENERCON CM, PKW-Parkplätze, Müllsammelbehälter und Sanitäreinrichtungen. Dafür kann eine eigene Fläche als zentrale Anlaufstelle geschaffen werden oder es werden bestehende Flächen genutzt oder erweitert, z. B. die Logistikfläche. Die Containerbüros und die Müllsammelbehälter müssen nicht auf derselben Fläche stehen. Die Müllsammelbehälter müssen zum Be- und Entladen von LKW erreichbar sein.

Die Fläche der zentralen Anlaufstelle ist geschottert oder mit Stahl- oder Verbundplatten ausgelegt. Die Tragfähigkeit der Fläche wird für Fahrzeuge mit einer Achslast ≤ 12 t dimensioniert.

Die Baustellenausstattung, die Lage im Windpark sowie Abmessungen und Abstände auf der Fläche werden projektspezifisch mit dem ENERCON GPM abgestimmt. Gegebenenfalls sind lokale Gegebenheiten und länderspezifische Regularien zu berücksichtigen.

Technische Beschreibung

Brandschutz

ENERCON Windenergieanlagen EP1, EP2, EP3, EP4

Herausgeber ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109
E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
Geschäftsführer: Hans-Dieter Kettwig, Simon-Hermann Wobben
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	D0253903-3
Vermerk	Originaldokument

Datum	Sprache	DCC	Werk / Abteilung
2019-07-04	de	DA	WRD Management Support GmbH / Technische Redaktion

Mitgeltende Dokumente

Der aufgeführte Dokumenttitel ist der Titel des Sprachoriginals, ggf. ergänzt um eine Übersetzung dieses Titels in (). 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.

Dokument-ID	Dokument
DIN 4102	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
DIN EN 60204-1:2007*VDE 0113-1:2007	Sicherheit von Maschinen - Elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen
DIN EN 60332-1-2:2005*VDE 0482-332-1-2:2005	Prüfungen an Kabeln, isolierten Leitungen und Glasfaserkabeln im Brandfall - Teil 1-2: Prüfung der vertikalen Flammenausbreitung an einer Ader, einer isolierten Leitung oder einem Kabel - Prüfverfahren mit 1-kW-Flamme mit Gas-/Luft-Gemisch
DIN EN 61100:1994	Einteilung von Isolierflüssigkeiten nach dem Brennpunkt und dem spezifischen Heizwert Hu
DIN VDE 0100-430:2010	Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 4-43: Schutzmaßnahmen - Schutz bei Überstrom
DIN VDE 0100-520:2013	Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-52: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Kabel- und Leitungsanlagen
DIN VDE 0298	Verwendung von Kabeln und isolierten Leitungen für Starkstromanlagen

Dieses Dokument gilt für Windenergieanlagen der Plattformen EP1 bis EP4 (E-44, E-48, E-53, E-70 E4, E-82 E2, E-82 E4, E-92, E-103 EP2, E-101, E-115, E-115 E2, E-115 EP3 E3, E-126 EP3, E-138 EP3, E-138 EP3 E2, E-126 EP4 und E-141 EP4).

Brandschutz

Für ENERCON Windenergieanlagen wurden zahlreiche Maßnahmen getroffen, die die Brandeintrittswahrscheinlichkeit, die Brand- und Rauchausbreitung und den Personen- und Sachschaden auf ein Minimum reduzieren.

Technische Brandschutzmaßnahmen

Vermeidung von Zündquellen

Die Windenergieanlage ist mit einem Blitzschutzsystem ausgestattet, das Blitzeinschläge ableitet, ohne dass Schäden an der Windenergieanlage entstehen.

Das Antriebssystem der Windenergieanlage ist getriebeles. Wesentliche Brandgefahren, erzeugt durch heißlaufende Getriebe und entflammbare Getriebeöle, werden dadurch beseitigt.

Die elektrische Ausrüstung und die Überstromschränken entsprechen der DIN EN 60204-1:2007*VDE 0113-1:2007. Kabel und Leitungen werden entsprechend der DIN VDE 0100-430:2010, DIN VDE 0100-520:2013 und DIN VDE 0298 ausgewählt und dimensioniert. Am Generator, an der Turmverkabelung und an der Rotorblattheizung der Prototypen werden Thermografieuntersuchungen durch einen Sachverständigen durchgeführt. Anhand der Ergebnisse wird ggf. die Konstruktion angepasst.

Vermeidung der Brandentstehung

Brennbare Baustoffe und Materialien sind möglichst so angeordnet, dass sie durch mögliche Zündquellen (z. B. Wärmeenergie, ungewöhnliche Temperaturanstiege, elektrische Energie, zufällige Funken und Lichtbögen, hoher Spitzenstrom von Transienten und mechanische Energie) nicht entzündet werden können. Elektrische Komponenten werden in Schaltschränken aus Stahlblech gekapselt. Lüftungsschläuche beginnen in einem ausreichenden Abstand zu den Leistungsschränken, so dass Brandgase herunterkühlen und die Lüftungsschläuche voraussichtlich nicht entzünden können. Da die Lüftungsschläuche aus wenig Material bestehen und schon weit unter der Gondel enden, begünstigen sie die Übertragung eines Brandes vom Turmfuß in die Gondel nicht.

Eingesetzt werden, wo möglich, schwer entflammable Baustoffe (Baustoffklasse B1 oder besser nach DIN 4102), sowie selbstverlöschende/flammwidrige oder nicht brennbare Materialien, z. B. flammwidrige und selbstverlöschende Leistungskabel nach

DIN EN 60332-1-2:2005*VDE 0482-332-1-2:2005. Als Isolations- und Kühlungsflüssigkeit des Leistungstransformators im Turmfuß wird synthetischer Ester eingesetzt, der schwerentflammbar ist, einen hohen Brennpunkt von $> 300 \text{ °C}$ (Kühlmittelart K3 nach DIN EN 61100:1994) hat und einen geringen spezifischen Heizwert aufweist. Der Einsatz brennbarer Materialien, z. B. geschäumte Kunststoffe wie Polyurethan oder Polystyrol als Dämmstoff oder glasfaserverstärkte Kunststoffe für Abdeckungen und sonstige Bauteile, wird, wo möglich, vermieden.

Sensorische Überwachung

Mögliche Zündquellen in der Windenergieanlage werden laufend durch Sensoren überwacht.

Zur Detektion von Bränden werden zudem Rauchschalter eingesetzt. Die Rauchschalter reagieren bei Rauch, Verschmutzung, Störung und zu hoher Temperatur. Die Rauchschalter sind so in der Windenergieanlage positioniert, dass Brände im Turm und in der Gondel erkannt werden. Die genaue Position und die Anzahl der Rauchschalter sind abhängig vom Windenergieanlagentyp.

Wenn die Windenergieanlage eine potentiell sicherheitsrelevante Störung (z. B. Rauch) erkennt, hält die Windenergieanlage an (auch bei Netzausfall) und generiert eine Statusmeldung, die das ENERCON SCADA System sofort an den ENERCON Service weiterleitet.

Fluchtwege

Der erste Fluchtweg führt von der Gondel durch den Turm nach draußen. Dieser Fluchtweg wird benutzt, falls der Abstieg im Turm möglich ist.

Ein alternativer, zweiter Fluchtweg führt durch die Windenluke im hinteren Bereich der Gondel nach draußen. Über diesen zweiten Fluchtweg kann die Gondel verlassen werden, ohne dass der Turm betreten werden muss.

In der Windenergieanlage ist eine Fluchtwegbeleuchtung installiert. Die Fluchtwegbeleuchtung ist akkugestützt und versorgt die Leuchten bei einem Netzausfall für mindestens eine Stunde.

Organisatorische Brandschutzmaßnahmen

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, welche vor Ort über weitere Maßnahmen entscheidet. Der ENERCON Service ist täglich 24 Stunden erreichbar.

Schutzmaßnahmen während der Wartung

Die Windenergieanlage wird im Rahmen einer Wartung alle 6 bis 12 Monate von 2 bis 6 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 optisch-akustischen Signalmelder im Turmfuß, im Maschinenhaus und im Rotorkopf ein. Die Signalmelder erzeugen ein rotes Dauersignal mit Lichtblitzen und einen Dauerton mit schnell schwankender Tonhöhe. Gegebenenfalls anwesende Personen werden dadurch gewarnt. Der Signalmelder im Turmfuß ist nur bei eingeschaltetem Wartungsschalter aktiv. Die Signalmelder im Maschinenhaus und im Rotorkopf sind nur bei eingeschalteter Gondelbeleuchtung aktiv. Dadurch wird gewährleistet, dass die Signalmelder nur bei Anwesenheit von Personen in der Windenergieanlage aktiv sind.

Zur Bekämpfung von Entstehungsbränden stehen CO₂-Feuerlöscher im Turmfuß, im Maschinenhaus und im ENERCON Servicefahrzeug bereit. Der Wartungsschalter ist eingeschaltet, wodurch Statusmeldungen nicht an den ENERCON Service weitergeleitet werden. Wartungen an Branderkennungselementen führen somit nicht zu Fehlalarmen beim ENERCON Service.

Für den Brandfall sind alle ggf. benötigten Informationen zur Windenergieanlage (Koordinaten, Anfahrtsbeschreibung, wichtige Rufnummern naher Stellen) und zum Verhalten im Brandfall und bei Unfällen im Notruf-Ablaufplan bzw. im Flucht- und Rettungsplan eingetragen. Die Pläne sind im Turmeingangsbereich und im Gondelausstiegsbereich angebracht. Das Verhalten im Brandfall und bei Unfällen wird zusätzlich in der Betriebsanleitung der Windenergieanlage beschrieben.

Brandschutz und Brandbekämpfung durch die Feuerwehr

Die Feuerwehr kann aufgrund der Alarmierung durch den ENERCON Service schnell am Einsatzort sein und Brände ggf. vor der weiteren Ausbreitung löschen. Die Kranstellfläche steht als Stellfläche zur Verfügung. Der Ablauf der Brandbekämpfung durch die Feuerwehr wird im Brandschutzkonzept der Windenergieanlage genauer beschrieben.

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 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 die Aufstellfläche 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.

Brandschutzkonzept

für die Errichtung einer Windenergieanlage

des Typs ENERCON E-138 EP3 E2

mit 131 m Nabenhöhe

Auftraggeber: WRD Management Support GmbH
Innovationszentrum
Borsigstr. 26
26607 Aurich

INHALTSÜBERSICHT		Seite
1	Einleitung	4
1.1	Auftrag	4
1.2	Gesetzliche Grundlagen, Regelwerke	5
1.3	Verwendete Unterlagen	5
1.4	Schutzziele	6
1.5	Bestimmung der Gesamthöhe	6
1.6	Einstufung des Gebäudes	6
1.7	Risikobeurteilung der Maschine	6
2	Gebäudetechnische Daten und Nutzungen	7
2.1	Allgemein	7
2.2	Äußere Erschließung	7
2.3	Innere Erschließung	7
2.4	Nutzung der Windenergieanlage	8
2.4.1	Allgemeines	8
2.4.2	Funktion	8
2.4.3	Zahl der Nutzer	8
2.4.4	Betrieb; Wartung	8
2.4.5	Beschreibung der Einrichtungen der WEA	9
2.5	Risikoanalyse	9
2.5.1	Brandlasten und Brandgefährdungspotential	9
2.5.2	Wahrscheinlichkeit eines Brandereignisses	10
3	Vorbeugender Brandschutz	13
3.1	System der äußeren und inneren Abschottungen; Anforderungen an Bauteile und Baustoffe	13
3.1.1	Anordnung und Lage von Rauchabschnitten	13
3.1.2	Brandschutztechnische Abschnittsbildung	13
3.1.3	Feuerwiderstandsdauer der tragenden und aussteifenden Bauteile	13
3.1.4	Nichttragende Außenwände und -bekleidungen	13
3.2	Flucht- und Rettungswege	13
4	Vorbeugender anlagentechnischer Brandschutz	14
4.1	Brandmeldeanlage	14
4.2	Alarmierungseinrichtung	14
4.3	Anlagentechnische Branderkennung und Brandmeldung	14
4.3.1	Sensoren	14
4.3.2	Rauchscharter	15
4.4	Lüftungsanlagen	16
4.5	Rauch- und Wärmeabzugsanlagen	16
4.6	Blitzschutz	16
5	Organisatorischer Brandschutz	17
5.1	Betriebliche Maßnahmen zur Brandverhütung und Brandbekämpfung sowie zur Rettung von Personen	17
5.2	Kennzeichnung von Rettungswegen	17
5.3	Flucht- und Rettungspläne	17
5.4	Alarmierung der Feuerwehr	17
5.5	Einrichtungen zur Brandbekämpfung	18
5.6	Prüfungen technischer Anlagen und Einrichtungen	18
5.7	Übung mit der Zuständigen Feuerwehr	18
6	Abwehrender Brandschutz	19
6.1	Flächen für die Feuerwehr	19

6.2	Löschwasserversorgung	19
6.3	Löschwasserrückhaltung.....	19
6.4	Feuerwehrpläne	20
6.5	Hydrantenpläne.....	20
6.6	Brandbekämpfung.....	20
6.6.1	Brand im Turmfuß	20
6.6.2	Brand in der Gondel	21
6.6.3	Brand der Rotorblätter	21
6.6.4	Brandweiterleitung auf die Umgebung.....	21
7	Verwendete Rechenverfahren nach Methoden des Brandschutzingenieurwesens	22
8	Abweichungen	22
9	Zusammenfassung	23

1 Einleitung

1.1 Auftrag

Die Unterzeichnerin wurde am 24.07.2020 beauftragt, für die Errichtung der Windenergieanlage (WEA) des Typs ENERCON E-138 EP3 E2 mit 131 m Nabenhöhe, ein Brandschutzkonzept gemäß Musterbauverordnung zu erstellen.

Ein Brandschutzkonzept ist eine zielorientierte Gesamtbewertung des baulichen und abwehrenden Brandschutzes bei Gebäuden besonderer Art oder Nutzung. Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch vorgebeugt wird. Die nachfolgend aufgeführten Maßnahmen berücksichtigen die Anforderungen für dieses Objekt.

Das Brandschutzkonzept beinhaltet die Einzelmaßnahmen aus

- vorbeugendem Brandschutz
- organisatorischem (betrieblichem) Brandschutz und
- abwehrendem Brandschutz.

Unter Berücksichtigung

- der Nutzung
- des Brandrisikos und
- des zu erwartenden Schadensausmaßes

werden im Brandschutzkonzept die Einzelkomponenten und ihre Verknüpfung im Hinblick auf die Schutzziele beschrieben.

Es werden nur die brandschutztechnischen Belange berücksichtigt, Eiswurf oder immissionsschutzrechtliche Belange werden nicht betrachtet.

1.2 Gesetzliche Grundlagen, Regelwerke

Folgende Gesetze und Richtlinien wurden zur Erstellung des vorliegenden Brandschutzkonzeptes berücksichtigt:

- /1/ MBO – Musterbauordnung, vom 1. November 2002 in der Fassung vom 22.02.2019 (ARGEBAU)
- /2/ MBauVorIV – Musterbauvorschriftenverordnung, Muster einer Verordnung über Bauvorschriften und bauaufsichtliche Anzeigen, Fassung Februar 2007 (Fachkommission Bauaufsicht der ARGEBAU)
- /3/ DIN 4102: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, in der zur Zeit gültigen Fassung und allen veröffentlichten Teilen
- /4/ DIN EN 62305-1, Blitzschutz-Teil 1, Allgemeine Grundsätze Ausgabe 2015-12
- /5/ Richtlinie 2006/42/EG vom 17.05.2006
- /6/ 9. Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (Maschinenrichtlinie) vom 12.05.1993 zuletzt geändert am 08.11.2011

1.3 Verwendete Unterlagen

Zur Erstellung standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

Unterlagen	Dokument	Datum
Technische Beschreibung Enercon Windenergieanlagen E-138 EP3 E2	D0745897-7	21.04.2020
Datenblatt Abmessungen E-138 EP3 E2-HST-131-FB-C-01	D0905997-1	-
Gondelschnitt M1:20 E-138-EP3 E2	EP3.00.148-0	24.09.2018
Datenblatt Gondelabmessung E-138-EP3 E2	D0749798-1	-
Datenblatt Rotorblatt E-138 EP3-RB-02	D0769859-2	-
Ansicht Hybridturm E-138 EP3 E2-HST-131-FB-C-01	EP3.00.215-1	12.06.2020
Technische Beschreibung Turm E-138 EP3 E2-HST-131-FB-C-01	D0908418-1	-
Technische Information Enercon Windenergieanlage E-138 EP3 E2 Wassergefährdende Stoffe*	D0762766-1	17.04.2019
Technische Beschreibung Warnsignalisierung bei unsicheren Betriebszuständen	D0421975-1	11.10.2018
Technische Beschreibung Einrichtungen zum Arbeits-, Personen- und Brandschutz	D0446785-1	27.06.2019
Technische Beschreibung ENERCON Windenergieanlagen Anlagensicherheit	D0248369-1b	30.06.2015
Verhalten im Brandfall	D0516940-0	-
Technische Beschreibung Brandschutz EP1-4	D0253903-3	04.07.2019
Technische Beschreibung ENERCON Windenergieanlagen Blitzschutz	D0260891-11	28.10.2019
Datenblatt Installationsorte der Rauchschalter	D0701831-1	24.02.2020
Technische Beschreibung Aufstiegshilfe	D0917105-0	-
Spezifikation Zuwegung und Baustellenflächen	PLM-SiteL-SP106-E-138 EP3 E2_131 m HST-Rev000de-de	14.02.2020

Tabelle 1: Unterlagen

*In dem Dokument Wassergefährdende Stoffe sind alle Stoffe mit Mengenangaben aufgeführt, die in der WEA Verwendung finden, mit der Auflistung der entsprechenden Sicherheitsdatenblätter.

1.4 Schutzziele

Für die Beurteilung der zu errichtenden Windenergieanlagen gelten die materiellen Vorschriften der Musterbauordnung. Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind (§14 MBO).

1.5 Bestimmung der Gesamthöhe

Die Windenergieanlage weist eine Nabenhöhe von ca. 131 m auf und der Rotor hat einen Durchmesser von ca. 138 m. Die Rotorblattlänge beträgt ca. 68 m. Damit ergibt sich eine Gesamthöhe von ca. 200 m.

1.6 Einstufung des Gebäudes

In den WEA befinden sich keine Aufenthaltsräume gemäß § 47 MBO. Die Anlagen werden nur temporär zu Wartungs- und Reparaturzwecken begangen.

Sie ist eine freistehende Maschine gemäß Maschinenrichtlinie.

Die WEA mit mehr als 30 m Höhe über der Geländeoberfläche im Mittel werden als Sonderbauten im Sinne des § 2 (4) Nr. 2 MBO eingestuft.

Eine Windenergieanlage ist eine bauliche Anlage besonderer Art und Nutzung, an der im Einzelfall zur Verwirklichung der allgemeinen Anforderungen besondere Anforderungen gestellt werden. Erleichterungen können gestattet werden, soweit es der Einhaltung von Vorschriften wegen der besonderen Art oder Nutzung baulicher Anlagen nicht bedarf.

1.7 Risikobeurteilung der Maschine

Der Hersteller ist verpflichtet für die komplette WEA eine Risikobeurteilung nach Maschinenrichtlinie 2006/42/EG durchzuführen.

Der auf dem Turm angeordnete maschinentechnische Teil der Windenergieanlage, hierzu zählen u.a. die Rotorblätter sowie die Nabe, die regelungs- und elektrotechnischen Komponenten, der Generator, die Lager und die Bremse, entsprechen laut Hersteller den anerkannten Regeln der Technik.

2 Gebäudetechnische Daten und Nutzungen

2.1 Allgemein

Bei dem Bauvorhaben handelt es sich um eine Errichtung einer Windenergieanlage der Firma ENERCON mit der Typbezeichnung E-138 EP3 E2 mit 131 m Nabenhöhe. Als Träger der Windenergieanlage Typ E-138 EP3 dient ab Fundamentoberkante ein Hybrid-Stahlurm (HST), bestehend aus 7 Stahlsektionen. Die Verkleidung der Gondel wird aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK), die Rotorblätter aus GFK, Epoxidharz, Balsaholz und Schaumstoff hergestellt.

2.2 Äußere Erschließung

Die äußere Erschließung erfolgt über die öffentliche Verkehrsfläche.

2.3 Innere Erschließung

Der Zugang in den Turm erfolgt über eine Außentreppe. Die Turmeingangstür befindet sich auf Höhe der Fundamentoberkante.

Auf der Eingangsebene sind unter anderem der Steuerschrank zur Bedienung der Windenergieanlage, eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) und optional die Fernüberwachung der Windenergieanlage angeordnet. Der Transformator und die Mittelspannungsschaltanlage sind ebenfalls auf der Eingangsebene oder alternativ außerhalb des Turms in einer Transformatorstation untergebracht; der Zugang ist in beiden Fällen mit einem separaten Schließsystem gesichert.

Zusätzlich wird eine Aufstiegshilfe (Nutzlast 240 kg) nach Maschinenrichtlinie 2006/42/EG eingebaut. Sie fährt leitergeführt bis zu einem Podest einige Meter unterhalb des Turmkopfs. Für die restliche Strecke wird die Sicherheitssteigleiter mit Steigschutteinrichtung benutzt.

Die Turmeingangstür ist abschließbar und kann von innen jederzeit ohne Schlüssel und Werkzeug geöffnet werden. Der Turm ist für die Feuerwehr nicht zugänglich.

2.4 Nutzung der Windenergieanlage

2.4.1 Allgemeines

Die WEA dient zur Wandlung der kinetischen Energie des Windes in elektrischer Energie. Durch das getriebelose Anlagenkonzept (Direktantrieb) besitzt der Antriebsstrang keine schnell drehenden Komponenten, kein Getriebeöl. Auf Grund dessen verringert sich wesentlich die Brandentstehungswahrscheinlichkeit.

2.4.2 Funktion

Im Maschinenhaus, das auf dem Turm montiert ist, liefert ein Ringgenerator, der direkt an der Nabe mit den Rotorblättern angekoppelt ist, die elektrische Energie. Der Wechselstrom wird über die Turmkabel zu den 12 im E-Modul befindlichen B2B Umrichterschranken geführt. Dort wird der Wechselstrom aktiv gleichgerichtet und über den Gleichspannungszwischenkreis in den ENERCON Wechselrichter eingespeist. Nach Umformung des Gleichstroms in einen netzspezifischen Drehstrom werden die Ausgänge der B2B Umrichterschranke in einem Niederspannungssystem zusammengeführt und über einen Mittelspannungstransformator ins Netz eingespeist.

2.4.3 Zahl der Nutzer

Die Zahl der Nutzer wird vom Grundsatz mit „keine“ angegeben. Es befinden sich keine Aufenthaltsräume in der Windenergieanlage, nur zu Wartungszwecken halten sich 2 bis 6 Personen in der Anlage auf.

2.4.4 Betrieb; Wartung

Die WEA ist im Betrieb unbemannt und verschlossen. Der Betrieb wird automatisch durch eine Fernabfrage überwacht. Die Daten werden in einer Zentrale ausgewertet, die permanent besetzt ist. Bei Störungen schaltet die WEA selbsttätig ab, wobei die Abschaltung über ein mehrfach redundantes System, auch bei Netzausfall, erfolgt.

Die WEA wird bei einer Störung bis zur Wartung nicht freigegeben.

Die Begehung findet mind. einmal jährlich routinemäßig statt. Bei den Begehungen ist die Anlage außer Betrieb. Wird ein Probelauf notwendig, muss hierfür das Servicepersonal ihr Abseilgeschirr tragen, um sich bei eventuellen Störungen direkt über den 2. Fluchtweg abseilen zu können. Die Wartungen werden nur durch

Fachpersonal ausgeführt, welches auf die Anlagentechnik und der Rettung aus der Windenergieanlage geschult ist.

Für diesen kurzzeitigen Probelauf bestehen aus brandschutztechnischer Sicht keine Bedenken.

2.4.5 Beschreibung der Einrichtungen der WEA

Bezeichnung	Bereich	Anlagen	Zugangsberechtigung
Gondel mit Rotoren	Maschine	Ringgenerator Nebenaggregate Schaltschränke	unterwiesenes Personal
Turm	Turm	Leistungskabel (400 V)	unterwiesenes Personal
Fuß	E-Modul	Schaltschränke Transformator	Feuerwehr / unterwiesenes Personal Elektrofachleute

Tabelle 2: Einrichtungen

2.5 Risikoanalyse

2.5.1 Brandlasten und Brandgefährdungspotential

Die folgende Tabelle dient als Übersicht in welchen Anlagenteilen sich die wesentlichen Brandlasten befinden und wodurch ein Brand entstehen kann:

Bezeichnung	Anlagen	Brandlasten	Brandgefahren
Gondel	Schaltschränke	Kabel	elektrische Störung
	diverse Kabel	Kabel	
	Azimutantriebe	12 Stellmotoren zur Windnachführung je ca. 16,5 l Öl	durch Reibung und elektrische Störungen
	Blattverstellantriebe	3 Antriebe für die Blattverstellung je 4 l Öl	
	Azimutlager	ca. 18 l Fett	
	Zentralschmiereinheit	Schmierstoffe insgesamt ca. 344 l	
	Hydrauliksystem	Rotorarretierung und -bremse 35 l Öl	
	Gondelhülle	glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK) Farbanstriche	keine direkte Brandgefahr
Turm	Leistungskabel 400V	Kabel	durch elektrische

Bezeichnung	Anlagen	Brandlasten	Brandgefahren
	Aufstiegshilfe	Schmierstoffe 2,6 l	Störungen
Fuß	Schaltschränke	Kabel Verteiler	durch elektrische Störungen
	Transformator	max. 1.845 l synthetische Ester MIDEL 7131	
Rotor	Rotorblatt	Glasfaserverstärkter Kunststoff, Epoxidharz, Holz, Schaumstoff 20,5 t optional mit Blattheizung	Blitzschlag; Brandüberschlag zwischen Gondel und Rotorblättern, durch elektrische Störungen der Blattheizung

Tabelle 3: Brandlasten

2.5.2 Wahrscheinlichkeit eines Brandereignisses

Der Brand lässt sich nach den Normen der Feuerwehren DIN 14011 als nicht bestimmungsgemäßes Brennen, das sich unkontrolliert ausbreiten kann, definieren. Bei einer Brandentstehung und auch für eine Brandausbreitung müssen bestimmte Voraussetzungen vorhanden sein. Diese Voraussetzungen können in die Gruppe der stofflichen Voraussetzungen und in die Gruppe der energetischen Voraussetzungen unterteilt werden. Damit es zum Brennen kommt, bedarf es eines energetischen Anstoßes, d.h. es muss dem Brandgut genügend Zündenergie zugeführt werden. Neben der Zündtemperatur, die für das Einleiten der Verbrennung bzw. das Entzünden ausschlaggebend ist, wird für das selbstständige Brennen eine Mindestverbrennungstemperatur benötigt. Die Mindestverbrennungstemperatur kennzeichnet den Reaktionszustand eines Systems, bei dem die Reaktionswärme gerade noch ausreicht, um den Energiekreislauf unter Berücksichtigung der Wärmeverluste zu schließen, so dass das Feuer nicht erlischt. Aufgrund der überschüssigen Reaktionswärme, die für die Aufbereitung und Aktivierung nicht verbraucht wird, steigt die Temperatur im System selbständig weiter auf die Brandtemperatur an, welche letztendlich getrennt als Flammentemperatur und als Brandraumtemperatur (Rauchgastemperatur) interpretiert wird.

Brandereignisse sind gefährliche Brände, bei denen angenommen wird, dass sich ein Entstehungsbrand zu einem fortentwickelten Brand ausbreiten kann.

Während zur Gewährleistung der Standsicherheit in der Bauordnung gefordert und formuliert wird, dass die baulichen Anlagen standsicher sein müssen, wird demgegenüber die Anforderung zur Gewährleistung des Brandschutzes auf die Beschaffenheit der baulichen Anlage abgestellt:

Es wird in der Bauordnung offenbar nicht auf eine bestimmte Sicherheit (Brandsicherheit) abgestellt, sondern es werden vielmehr die Schutz- und Sicherungsziele ganz allgemein benannt. Deren Erfüllung entsprechend den bauordnungsrechtlichen Einzelvorschriften ergibt jedoch „stillschweigend“, analog zur Standsicherheit, ein bestimmtes Sicherheitsniveau. Dieses Sicherheitsniveau lässt sich semiprobabilistisch derzeitig mittels der Versagenswahrscheinlichkeit von 1×10^{-6} (bei großen Risiken pro Ereignis) bis 1×10^{-5} pro Gebäude je m^2 und Jahr beschreiben. Das Risiko ist theoretisch durch die Wahrscheinlichkeit für die Entstehung eines Brandes und die Ausbreitung zu einem gefährlichen Brand pro Bezugsfläche und pro Zeiteinheit sowie dem zu erwartenden Schadensumfang gegeben.

Nach der Normdefinition gelten brennbare Stoffe in geschlossenen Behältern aus Stahlblech oder anderen nicht zerbrechlichen und im Brandverhalten vergleichbaren Werkstoffen als „geschützt“ (TSF, Leistungsschrank, Steuerschrank und USV). Die Schutzwirkung der Systeme ist gewährleistet, d.h. die Stahlschränke werden durch das Gehäuse und dadurch dass kein Sauerstoff zugeführt wird geschützt.

Die Zündwahrscheinlichkeit von nicht erhitzten Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt $> 100^\circ\text{C}$ in Maschinen (hier Dielektrikum im Transformator) wird vom DIN-Ausschuss für so gering angesehen, dass hier ein Beitrag zur Brandbelastung nur bei Leckage vorstellbar ist.

Die Mittelspannungs-Schaltanlage ist eine SF_6 -gasisolierte Anlage und somit nicht brennbar. Diese Brandlast bleibt unberücksichtigt.

Die Windenergieanlage besitzt ein getriebeloses Antriebssystem. Rotornabe und Ringgenerator sind ohne Getriebe als feste Einheit direkt miteinander verbunden. Das Fehlen von Getriebe und Getriebeöl verringert wesentlich die Brandentstehungswahrscheinlichkeit.

Ein Brand an den Rotorblättern ist unwahrscheinlich, jedoch nicht endgültig auszuschließen. Ein Vollbrand in der Gondel oder die Installation einer Blattheizung

können Brandursachen für den Brand eines Rotorblattes sein.

Sofern eine Blattheizung installiert ist, ist sie Teil der Rotoren und unterliegt den allgemein Technischen Regeln für Maschinen. Entsprechend sind anlagentechnische Sicherungen als Konsequenz der Risikobeurteilung des Herstellers eingebaut die dazu führen, dass die Blattheizung oder die gesamte WEA abgeschaltet wird und dass eine Alarmierung über die Weiterschaltung an eine ständig besetzte Stelle erfolgt. Die Folgemaßnahmen sind im organisatorischen Brandschutz unter anderem durch Begutachtung durch das Service-Personal geregelt.

Daraus resultiert, dass aufgrund der besonderen Konstruktionsart und der Anlagenüberwachung der Windenergieanlage der Firma ENERCON keine erhöhte Brandgefährdung besteht und dem Brandschutz anlagentechnisch und organisatorisch erheblich Rechenschaft getragen wird.

3 Vorbeugender Brandschutz

3.1 System der äußeren und inneren Abschottungen; Anforderungen an Bauteile und Baustoffe

3.1.1 Anordnung und Lage von Rauchabschnitten

Eine Unterteilung in Rauchabschnitte ist nicht erforderlich.

3.1.2 Brandschutztechnische Abschnittsbildung

Eine brandschutztechnische Abschnittsbildung in dem Sonderbau ist nicht erforderlich.

3.1.3 Feuerwiderstandsdauer der tragenden und aussteifenden Bauteile

An den Hybridturm werden keine Anforderungen hinsichtlich der Feuerwiderstandsklasse des Turmes gestellt.

3.1.4 Nichttragende Außenwände und -bekleidungen

Die Gondelverkleidung besteht aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK). Ebenso bestehen die Rotorblätter aus GFK- Material mit Epoxidharz/Balsaholz/Schaumstoff. Es sind keine weiteren Maßnahmen notwendig.

3.2 Flucht- und Rettungswege

In der WEA sind keine Aufenthaltsräume vorhanden. Es gelten nicht die Vorschriften an bauliche Rettungswege.

Der Maschinenraum der Gondel wird nur von geschultem Personal begangen. Die Flucht aus der Gondel der WEA erfolgt über eine über die gesamte Turmhöhe zur Verfügung stehende Steigleiter. Für den Ausfall der Aufstiegshilfe ist ein Notablass vorhanden. Für sonstige Notfälle sowie zur Rettung von Verletzten ist in der Gondel ein Evakuierungsgerät installiert, mit dem ein Notabstieg aus der Windenluke im Heck der Maschine oder im Turm möglich ist. Das Gerät ermöglicht den zweiten Rettungsweg und kann alle Personen in der Gondel nacheinander abseilen. Die Geräte müssen regelmäßig gewartet werden.

Die Flucht- und Rettungswege sind ausreichend.

4 Vorbeugender anlagentechnischer Brandschutz

4.1 Brandmeldeanlage

Es ist keine Brandmeldeanlage erforderlich.

4.2 Alarmierungseinrichtung

Eine Alarmierungseinrichtung ist nicht erforderlich.

Die Gondel wird nur von geschultem Personal zu Wartungszwecke begangen. Für Notfälle trägt das Wartungspersonal immer ein Mobiltelefon bei sich. In der WEA ist weiterhin eine direkte Gegensprechanlage von der Gondel zum Turmfuß vorhanden. Bei detektiertem Rauch schaltet die WEA die optisch-akustischen Signalmelder im Turmfuss, im Maschinenraum und im Rotorkopf ein. Die Signalmelder erzeugen ein rotes Dauersignal mit Lichtblitzen und einen Dauerton mit schnell schwankender Tonhöhe.

Gegebenenfalls anwesende Personen werden dadurch gewarnt.

4.3 Anlagentechnische Branderkennung und Brandmeldung

Brandursache aus mechanischer Reibung wird vorgebeugt, indem wenig schnell drehende Teile verwendet werden und kein Getriebe vorhanden ist. Alle wichtigen Komponenten werden mit Temperaturfühlern überwacht. Erhöhte Temperaturen oder Überdrehzahlen führen zur sofortigen Abschaltung der WEA und Absendung einer Störmeldung über das ENERCON SCADA System zur Service-Zentrale.

Falls die Steuerung der Windenergieanlage einen unzulässigen Zustand erkennt, wird die Windenergieanlage mit verminderter Leistung weiter betrieben bzw. angehalten.

4.3.1 Sensoren

Mögliche Zündquellen werden laufend durch Sensoren überwacht.

Der Generator wird auf Plausibilität geprüft (Temperaturen, Leistung in Abhängigkeit der Drehzahl). Fehler führen zur sofortigen Abschaltung der Anlage und Übermittlung einer Störmeldung zur Service-Zentrale.

Folgende Parameter werden in der WEA permanent kontrolliert und bei Störungen wird die Anlage automatisch außer Betrieb genommen und die Störmeldung weiter geleitet.

- Temperatur in der Maschine
- Temperatur im Rotorkopf
- Lagertemperaturen der beiden Rotorlager
- Temperatur im Turm
- Außentemperatur
- Temperatur in allen Schaltschränken
- Temperatur des Transformators
- Funktionsbereitschaft der Kondensatorpakete für die Notabschaltung
- Erdschlusskennung für den Generator
- Differenzstromüberwachung für alle elektrischen Antriebe, um schwergängige bzw. überlastete Antriebe zu erkennen, u.a. Antriebe der Blattverstellung und die Windnachführung
- Fehlerstromerkennung für die Versorgungsleitungen Licht und Steckdose
- Funktion der Fernüberwachung
- Temperaturüberwachung Lüfter und Heizregister

4.3.2 Rauchschalter

Es sind drei Rauchschalter in der Gondel vorhanden, a) am Maschinenträger, b) am Generator und c) im Maschinenhaus der Gondel.

Des Weiteren befinden sich vier Rauchschalter an der Deckenunterseite der Ebenen 1-4 im Turm.

Die Rauchschalter reagieren bei Rauch, Verschmutzung, Störung und zu hoher Temperatur.

Bei den Rauchschaltern handelt es sich um Brandmelder mit optischer Rauchererkennung und zusätzlichem Temperaturfühler, der ab einer Umgebungstemperatur von 70°C anspricht. Es wird ein Signal an die Anlagensteuerung gesendet und die Gondellüfter ausgeschaltet, dieses wird über ENERCON SCADA übermittelt.

Bei der Detektion von Feuer oder Rauch wird die Anlage abgeschaltet. Diese Nachricht wird an die Service-Zentrale gesendet. In der Gondel der E-138 EP3 E2 wird die Temperatur an mehreren Stellen gemessen.

Die Steuerleitung bleibt nach Abschalten der Anlage funktionsfähig, so dass von den Servicekräften vor Ort die aktuellen Temperaturen mittels Fernüberwachung abgerufen werden können. Aus diesen Messdaten können eventuelle Rückschlüsse auf tatsächliche Temperaturen und auf den Schaden ausgewertet werden.

4.4 Lüftungsanlagen

Aus brandschutztechnischer Sicht werden keine Anforderungen an die Lüftung gestellt. Die Flüssigkeitskühlung des E-Modul ist ein geschlossenes Kühlsystem, welche die Leistungsschränke und den USV-Schaltschrank kühlt.

In der maschinenhausseitigen Kapselung des aktiven Generatorteils sind 12 Gondellüfter eingebaut. Die Lüfter saugen Luft durch Abscheidersegmente in der Gondelverkleidung an. Diese Generator-Luftkühlung bewirkt als Nebeneffekt auch eine Kühlung des Maschinenhauses.

4.5 Rauch- und Wärmeabzugsanlagen

Es werden aus brandschutztechnischer Sicht keine Rauchabzüge benötigt. Eine Entrauchung ist durch permanente Öffnungen in der Gondel und der Thermik im Turm vorhanden. Durch das Kühlsystem der WEA strömt Luft aus dem Turmfuß mit hoher Geschwindigkeit nach oben in Richtung Gondel.

4.6 Blitzschutz

Bauliche Anlagen, bei denen nach Lage, Bauart oder Nutzung Blitzschlag leicht eintreten oder zu schweren Folgen führen kann, sind mit dauernd wirksamen Blitzschutzanlagen gemäß DIN EN 62305 zu versehen. Es ist ein integrierter Blitzschutz von der Rotorblattspitze bis ins Fundament vorhanden und notwendig.

Die Blitzschutzanlage wird nach der DIN EN 61400-24 Blitzschutz (Blitzschutzklasse I) für Windenergieanlagen ausgeführt.

5 Organisatorischer Brandschutz

5.1 Betriebliche Maßnahmen zur Brandverhütung und Brandbekämpfung sowie zur Rettung von Personen

Die WEA wird regelmäßig spätestens nach 12 Monaten gewartet und überwacht.

Das Verhalten im Brandfall und die Selbsthilfemaßnahmen werden entsprechend einer Gefährdungsbeurteilung regelmäßig geschult und geübt. Während der Wartung wird die Anlage außer Betrieb genommen, damit ist das Gefahrenrisiko verringert. Das Servicepersonal trägt bei den Wartungsarbeiten und einem eventuell notwendigen Probelauf der WEA seine persönliche Schutzausrüstung, somit ist ein Abseilen aus der Windenluke mit dem Abseilgerät sofort möglich.

5.2 Kennzeichnung von Rettungswegen

Zur Beleuchtung der Wege während der Wartung ist eine Sicherheitsbeleuchtung gemäß ASR A3.4/3 erforderlich und wird installiert. Diese kann über batteriegepufferte Einzelleuchten realisiert werden.

Die Sicherheitsbeleuchtung der Windenergieanlage entspricht der DIN EN 50308 – Windenergieanlage - Schutzmaßnahmen - Anforderungen für Konstruktion, Betrieb und Wartung–, DIN EN 1838 –Angewandte Lichttechnik - Notbeleuchtung– und die DIN EN 50172 –Sicherheitsbeleuchtungsanlagen–.

5.3 Flucht- und Rettungspläne

Flucht- und Rettungspläne werden erstellt und angebracht.

5.4 Alarmierung der Feuerwehr

Durch die zuvor beschriebene Anlagentechnik wird die WEA bei einer Detektion von Feuer oder Rauch automatisch abgeschaltet. Dabei wird eine Nachricht an eine vom Betreiber zu bestimmende Service-Zentrale gesendet. Diese benachrichtigt daraufhin die Leitstelle der Feuerwehr.

Gleichzeitig wird das Servicepersonal informiert um umgehend die Windenergieanlage anzufahren und die Lage zu erkunden.

5.5 Einrichtungen zur Brandbekämpfung

Zur Bekämpfung von Entstehungsbränden während der Wartung sind in der Gondel ein CO₂-Löscher (5kg) und im Turmfuß ein weiterer CO₂-Löscher (2kg) vorgehalten. Diese sind für die Bekämpfung von allenfalls kleinsten Entstehungsbränden ausreichend. Selbstrettung geht vor Brandbekämpfung.

Zusätzlich befindet sich ein CO₂-Löscher (2kg) im ENERCON-Service-Fahrzeug.

Die Feuerlöscher sind mindestens alle zwei Jahre durch einen Sachkundigen zu prüfen. Ein Vermerk über die letzte Prüfung ist fest oder plombiert am Feuerlöscher anzubringen.

5.6 Prüfungen technischer Anlagen und Einrichtungen

Die Prüfungen von technischen Anlagen oder Einrichtungen werden durch Fachpersonal in Abständen von max. 12 Monaten durchgeführt.

5.7 Übung mit der Zuständigen Feuerwehr

Vor Inbetriebnahme ist der örtlichen Feuerwehr und in Abstimmung mit der Brandschutzdienststelle, die Gelegenheit zu geben sich mit dem Bauwerk vertraut zu machen.

6 Abwehrender Brandschutz

6.1 Flächen für die Feuerwehr

Die Anfahrt zur WEA erfolgt über die öffentliche Straße. Die Anfahrt bis an den Turmfuß geschieht über die befestigte Zuwegung. Die ausreichend befestigte und tragfähige Kranaufstellfläche während der Bauzeit bleibt nach Fertigstellung bestehen und kann durch die Feuerwehr genutzt werden.

Die Zufahrts- und Bewegungsflächen müssen, hinsichtlich ihrer Radian und Belastbarkeit, der Muster-Richtlinie „Flächen für die Feuerwehr“ entsprechen sowie frei und instand gehalten werden.

6.2 Löschwasserversorgung

Aufgrund der besonderen Konstruktionsart der Windenergieanlagen der Firma ENERCON besteht keine erhöhte Brandlast oder Brandgefährdung. Im Falle eines Brandes werden eine größere Anzahl von Menschen, Tiere oder erhebliche Sachwerte nicht gefährdet.

Deshalb ist eine örtliche Löschwasserbereitstellung (Hydranten, Löschwasserbehälter usw.) nicht notwendig. Zur Erfüllung des abwehrenden Brandschutzes haben die Gemeinden die notwendige Löschwasserversorgung bereitzustellen und zu unterhalten. Bei einem Brand in der Gondel ist zunächst die Sicherung der Umgebung notwendig, und Löschwasser wird erst benötigt, wenn brennende Teile herabstürzen. Bei einem Brand im Turmfuß muss zunächst die Abschaltung der Anlage bestätigt werden, bis Löschwasser benötigt wird.

Ein Brand des Isolieröls sollte mit Mittelschaum gelöscht werden. Dafür wird das Auffangbecken mit einer Schicht Schaum bedeckt. Die erforderlichen Schaummittel stehen bei der Ausrüstung der Feuerwehr zur Verfügung.

6.3 Löschwasserrückhaltung

Es ist ein Transformator verbaut, der mit max. 1.845 Liter synthetischer, dielektrischer Flüssigkeit auf Esterbasis, dem Dielektrikum, gefüllt ist. Die Esterflüssigkeit ist ungiftig, leicht biologisch abbaubar und als allgemein wassergefährdend eingestuft. Esterflüssigkeiten zeichnen sich durch einen hohen Flammpunkt > 250 °C aus.

Zur Kühlung des E-Moduls wird als Kühlmittel 360 Liter Wasser-Monoethylenglykol-Gemisch (Glykosol N45%) eingesetzt. Die Kühlflüssigkeit ist nicht toxisch und gut biologisch abbaubar und in der Wassergefährdungsklasse 1 eingestuft.

Es werden in der WEA keine weiteren Stoffe gelagert. Eine Löschwasser-Rückhaltung ist bei diesen geringen Mengen nicht notwendig.

6.4 Feuerwehrpläne

Der einzige Zugang und die Aufstellfläche der WEA sind eindeutig. Der Turm ist für die Feuerwehr nicht zugänglich und der Turmfuß ist übersichtlich, damit sind keine Feuerwehrpläne notwendig.

6.5 Hydrantenpläne

Hydrantenpläne sind nicht notwendig.

6.6 Brandbekämpfung

Die Brandbekämpfung (abwehrender Brandschutz) ist Aufgabe der Gemeinden und Landkreise sowie des Landes. Die Brandbekämpfung der WEA muss mit Hilfe der örtlichen Feuerwehr durchgeführt werden.

Es müssen folgende Brandszenarien unterschieden werden:

6.6.1 Brand im Turmfuß

Die Windenergieanlage gilt als abgeschlossene elektrische Betriebsstätte, die von der Feuerwehr nicht alleine oder nur nach Freigabe begangen werden darf. Die gesamte Anlage muss spannungsfrei gemeldet werden. Die ständig besetzte Service-Zentrale informiert die Leitstelle der Feuerwehr. Bis zur Freigabe der Spannungsfreiheit der Transformatoren muss die Feuerwehr in einem angemessenen Abstand in Bereitstellung verbleiben.

6.6.2 Brand in der Gondel

Ein Brand in der Gondel ist von der Feuerwehr nicht beherrschbar und stellt auch aufgrund der geringen Eintrittswahrscheinlichkeit somit das gesellschaftlich akzeptierte Risiko dar. Ein Feuer in der Gondel kann zu einem Ausbrennen der Gondel einschließlich der Gondelhülle und zu einem Übergreifen auf die Rotorblätter führen. Der Brand führt zum Abfallen der Teile. Bei einem Brand in der Gondel ist die Feuerwehr zunächst zum Schützen der Umgebung präsent.

6.6.3 Brand der Rotorblätter

Ein Brand der Rotorblätter ist nicht beherrschbar. Da die Windenergieanlage bei Schäden sofort abgeschaltet ist, werden keine brennenden Teile durch weiter anhaltende Rotation umhergeschleudert. Ein Rotorblatt wiegt ca. 20,5 t, es wird direkt herabfallen und dort weiterbrennen, eine Brandweiterleitung auf die Gondel ist nicht auszuschließen. Ein Brand der Rotorblätter führt in der Hauptsache zu brennend direkt herabfallenden mehr oder weniger großen Teilen. Bei einem Brand der Rotorblätter ist die Feuerwehr zunächst zum Schützen der Umgebung präsent.

6.6.4 Brandweiterleitung auf die Umgebung

Die Alarmierung der Feuerwehr ist bei einem Schadeneintritt an der WEA wahrscheinlich früher als bei einem Sekundärbrand. Bei einem der o.g. Brände ist zunächst die Sicherung der Umgebung notwendig. Bei herabfallenden brennenden Teilen wird die Einsatzleitung geeignete Maßnahmen zur Brandbekämpfung nach Erkundung einleiten.

Da die Feuerwehr bereits vor Ort ist, können Entstehungsbrände sofort gelöscht werden. Eine Brandweiterleitung auf die Umgebung wird somit verhindert.

7 Verwendete Rechenverfahren nach Methoden des Brandschutz- ingenieurwesens

Es wurden keine Rechenverfahren des Brandschutzingenieurwesens verwendet.

8 Abweichungen

Es sind keine brandschutztechnischen Abweichungen zu berücksichtigen.

9 Zusammenfassung

Die Unterzeichnerin wurde beauftragt, für die Errichtung einer Windenergieanlage der Firma ENERCON mit der Typbezeichnung E-138 EP3 E2 mit 131 m Nabenhöhe ein Brandschutzkonzept gemäß Musterbauordnung zu erstellen.

Bei Beachtung der dargestellten Maßnahmen, Anforderungen und Hinweise sowie der allgemein anerkannten Regeln der Technik bestehen aus brandschutztechnischer Sicht

keine Bedenken

für die Errichtung der Windenergieanlage Typ ENERCON E-138 EP3 E2.

Vorstehende Stellungnahme wurde nach bestem Wissen und Gewissen unter Zugrundelegung der anerkannten Regeln der Technik ohne Ansehen der Person des Auftraggebers angefertigt.

Aufgestellt

Sandkrug, den 30.07.2020


Dipl.-Ing. Monika Tegtmeier
ö.b.u.v. Sachverständige für den
vorbeugenden baulichen Brandschutz
Prüferin für den Brandschutz (EBA)
Brandamtfrau a.D.



Technische Beschreibung

Brandschutz

ENERCON E-Modul EP3-EM-5E

Herausgeber	<p>ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109 E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de Geschäftsführer: Hans-Dieter Kettwig, Jost Backhaus, Dr. Thomas Cobet, Momme Janssen, Dr. Martin Prillmann, Jörg Scholle Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411 Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360</p>
Urheberrechtshinweis	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.</p> <p>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.</p>
Geschützte Marken	<p>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.</p>
Änderungsvorbehalt	<p>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.</p>

Dokumentinformation

Dokument-ID	D0981344-0a
Vermerk	Originaldokument

Datum	Sprache	DCC	Werk / Abteilung
2020-07-14	de	DB	WRD Management Support GmbH / Technische Redaktion

Mitgeltende Dokumente

Der aufgeführte Dokumenttitel ist der Titel des Sprachoriginals, ggf. ergänzt um eine Übersetzung dieses Titels in Klammern. Die Titel von übergeordneten Normen und Richtlinien werden im Sprachoriginal oder in der englischen Übersetzung angegeben. Die Dokument-ID bezeichnet stets das Sprachoriginal. Enthält die Dokument-ID keinen Revisionsstand, gilt der jeweils neueste Revisionsstand des Dokuments. Diese Liste enthält ggf. Dokumente zu optionalen Komponenten.

Dokument-ID	Titel
ÖVE/ÖNORM E 8383:2000-03	Starkstromanlagen mit Nennwechselspannung über 1 kV
EN 13501-2: 2016-06	Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen
EN 1992-1-2: 2004	Eurocode 2: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
IEC 62271-200:2011-10	High-voltage switchgear and controlgear – Part 200: Metal-enclosed AC switchgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV.
IEC 62271-202:2014-03	High voltage switching devices and switchgears – Part 202 Factory-built stations for high/medium voltage

Inhaltsverzeichnis

1	Aufbau des ENERCON E-Moduls EP3-EM-5E	6
2	Erfüllung der Anforderungen aus ÖVE/ÖNORM E 8383	7
2.1	Feuerwiderstandsklassifizierung der Bauelemente	7
2.2	Innenraum-Klimabedingungen	11
2.3	Störlichtbogenkanäle	12
2.4	Einschluss von Rauch unter Brandbedingungen	12
2.5	Feuerwiderstandsklasse des Kabelkanals	13
3	Druckentlastungskonzept	14
3.1	Kabelanschlussraum	14
3.2	Druckentlastungsschläuche	16
3.3	Äußere Druckentlastung	16
4	Typenprüfung	17

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungen

IP	International protection (international festgelegte Schutzart)
IPH	Institut „Prüffeld für elektrische Hochleistungstechnik“ GmbH
KFWF	Liquid with flash point greater than 300°C – Forced circulation through cooling equipment – Water – Forced circulation through cooling equipment (Flüssigkeit mit Brennpunkt über 300°C – Forcierte Strömung durch Gebläse oder Pumpen – Wasser – Forcierte Strömung durch Gebläse oder Pumpen)

Größen, Einheiten, Formeln

SF₆	Schwefelhexafluorid
-----------------------	---------------------

1 Aufbau des ENERCON E-Moduls EP3-EM-5E

Die Mittelspannungs-Komponenten der turmintegrierten Transformatorstation werden in einer feuerisolierten Stahlkonstruktion auf der Transformatorebene des E-Moduls installiert. Alle elektrischen Komponenten sind so dimensioniert, dass sie im Fehlerfall durch die Turmeingangstür bzw. die Lüftungsöffnung ausgetauscht werden können.

ENERCON realisiert die Brandsicherheit der Stahlkonstruktion mit folgenden Maßnahmen:

- 2 Brandschutztüren
- Dämmung von Stahlkonstruktion und Turmfuß mit Brandschutzplatten
- selbstdichtende Kabeldurchführungen und Lüftungsöffnungen
- Stromschiendurchführungen aus feuerfestem Isoliermaterial
- feuerbeständiger Stahlbetonboden
- feuerbeständige Fertigdecke, EI 60-klassifiziert

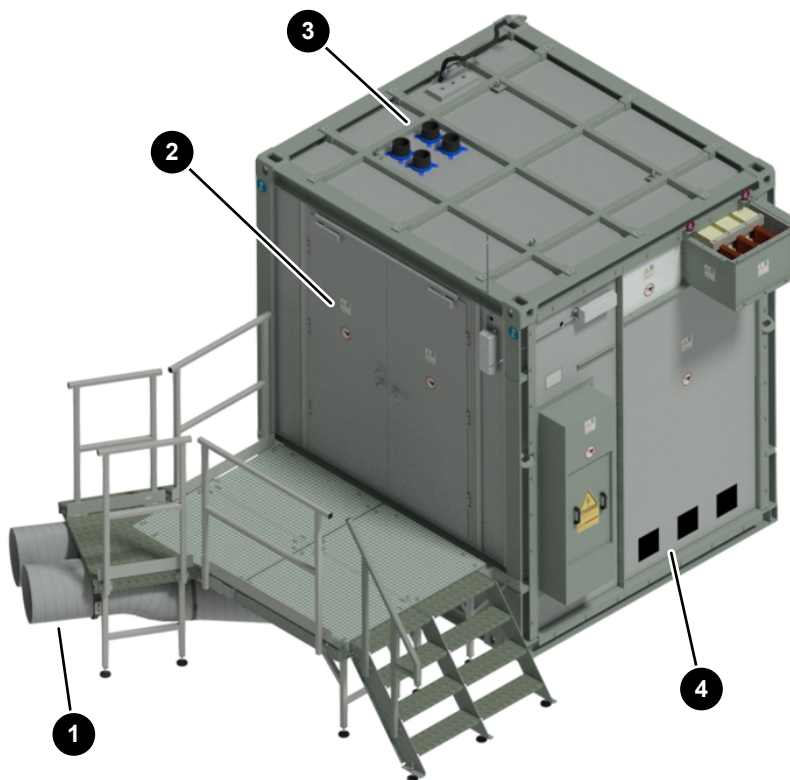


Abb. 1: E-Modul EP3-EM-5E Level 1

1	Druckentlastungskanal	2	Brandschutztür
3	Kabeldurchführungen	4	Lüftungsöffnungen

2 Erfüllung der Anforderungen aus ÖVE/ÖNORM E 8383

Bei einer Windenergieanlage handelt es sich um eine geschlossene, räumlich begrenzte, elektrische Anlage mit einer Nennspannung über 1000 V. Die Windenergieanlage besteht aus einer Generator-, Umrichter- und Transformatoreinheit zusammen mit den zugehörigen Schaltanlagen und den elektrischen Eigenbedarfsversorgungssystemen. Die normativen Anforderungen für diesen Anlagentyp fallen für Österreich unter die ÖVE/ÖNORM E 8383: 2000-03-01.

Alle elektrischen Betriebsmittel der Windenergieanlage über 1000 V befinden sich im ersten Level des E-Moduls, bestehend aus einem KFWF-Transformator mit K3-Isolierflüssigkeit (Midel 7131) und einer SF₆-gasisolierten Schaltanlage in einem Metallgehäuse.

Im Sinne der ÖVE/ÖNORM E 8383: 2000-03-01 gilt eine Installation des Transformators in der Windenergieanlage als Innenraumanlage in einer abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätte. Das Design des E-Moduls muss somit den Vorgaben aus Punkt 7.6.2.2.2 oben genannter Norm entsprechen: „Für schwer brennbare Flüssigkeit-Transformatoren K2/K3 und Trockentransformatoren F0 ist eine feuerbeständige Abtrennung (EI 60/REI 60) von anderen Gebäudeteilen vorzusehen.“

Um die normativen Anforderungen der ÖVE/ÖNORM E 8383 an die Konstruktion zu erfüllen, ist für das erste Level des E-Moduls eine feuerbeständige Abtrennung gemäß REI 60 vom Rest der Windenergieanlage vorgesehen.

2.1 Feuerwiderstandsklassifizierung der Bauelemente

Die REI-Kennzeichnung nach EN 13501-2 gibt die Feuerwiderstandsklasse eines Bauelements an und setzt sich aus den folgenden Bestandteilen zusammen:

- R = Tragfähigkeit. Die Fähigkeit eines Bauelements, seine mechanischen Eigenschaften und die relevante Belastbarkeit während eines normalen Brands beizubehalten.
- E = Raumabschluss. Dies ist die Fähigkeit eines Bauelements, den Durchtritt bzw. die Erzeugung von Gasen oder Dämpfen in die bzw. in der dem Feuer abgewandte(n) Seite zu verhindern.
- I= Wärmedämmung. Dies ist die Fähigkeit eines Bauelements, innerhalb einer Temperaturgrenze die Übertragung von Wärme in die dem Feuer abgewandte (kalte) Seite zu begrenzen. Diese Temperaturgrenze beträgt innerhalb des Zeitraums durchschnittlich 140 °C und maximal 180 °C.

Per Definition erfordern nicht tragende Elemente nur die Feuerwiderstandsklasse EI. Die Elemente im ersten Level des Brandschutz-E-Moduls EP3-EM-5E, die Stützen, die Balken und der Betonboden, sind tragend und erfordern deshalb die R-Kennzeichnung. Alle weiteren Elemente müssen die Feuerwiderstandsklasse EI 60 besitzen, damit eine feuerbeständige Abtrennung des ersten Levels vom Rest der Windenergieanlage besteht.

Der Betonboden des E-Moduls EP3-EM-5E wird in Übereinstimmung mit EN-1992-1-2: 2004 (Eurocode 2) gemäß Feuerwiderstandsklasse REI 60 ausgeführt. Im Sinne von EN-1992-1-2: 2004 gilt die Betonplatte als einfach gestützte massive Platte, da sie auf einem Stahlgestell liegt (siehe Abb. 2, S. 8). Die Betonplatte ist an den Kanten nicht befestigt, sodass keine großen Biegemomente in der Mitte entstehen.

Entsprechend Tabelle 5.8 der Norm erhält die Betonplatte somit, bei einer Gesamtdicke von 80 mm und einem Abstand von 20 mm vom Betonstahl, die Feuerwiderstandsklasse REI 60. Der Brandschutz der Balken und Stützen (siehe Abb. 3, S. 8) wurde mittels Ummantelung mit PROMATECT®-H Brandschutzplatten umgesetzt.

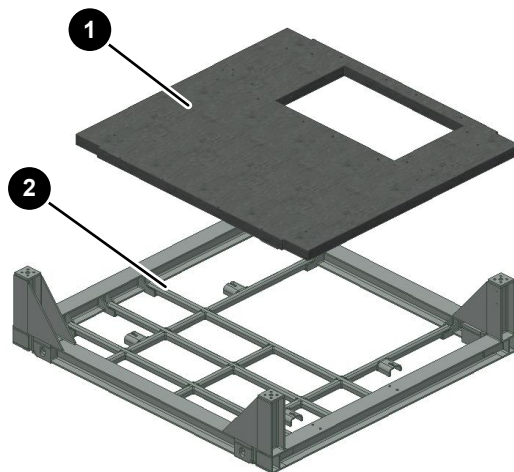


Abb. 2: Betonplatte im E-Modul EP3-EM-5E

1	Betonplatte	2	Stahlgestell TUBO 60x60x60x6,3 mm
---	-------------	---	--------------------------------------



Abb. 3: Stahlrahmen mit Balken und Stützen in der ersten Ebene des EP3-EM-5E

Dicke der Ummantelung

Die Dicke der Ummantelung ist entsprechend der T_{cr} (kritischen Temperatur) des Stahls gewählt. Die Stahlkonstruktion ist mit einer Toleranz in der Querschnittsklasse bis zu Klasse 3 geplant. Allerdings sind die Grenzen für die Kategorisierung der Querschnitte aufgrund von Feuerauswirkungen um einen Sicherheitsfaktor von 0,85 reduziert. Aus Sicherheitsgründen wird angenommen, dass die Stahlquerschnitte unter Feuerbedingungen Klasse 4 sein können. Aufgrund dieser Tatsache wurde die Schlussfolgerung getroffen, dass T_{cr} bei 350 °C liegt.

Das Verhältnis A_p/V berechnet sich wie folgt:

$$\frac{A_p}{V} = \frac{3 \cdot 140 \cdot 10^{-3}}{42,96 \cdot 10^{-4}} = 97,765 \text{ m}^{-1} \cong \underline{\underline{100 \text{ m}^{-1}}}$$

Wobei A_p der dem Feuer ausgesetzte Umfang des Balkens/der Stütze ist, und V die Querschnittsfläche des Balkens/der Stütze.

Aus Sicherheitsgründen wird angenommen, dass 3 Seiten dem Feuer ausgesetzt sind, obwohl im Brandschutz-E-Modul EP3-EM-5E im Brandfall nur 2 Seiten dem Feuer ausgesetzt wären. Für ein gegebenes T_{cr} und A_p/V beträgt die berechnete Dicke der Ummantlung, um eine Isolierung von 1 Stunde Dauer mit PROMATECT®-H Brandschutzplatten und die R-Kennzeichnung zu erreichen, 25 mm.

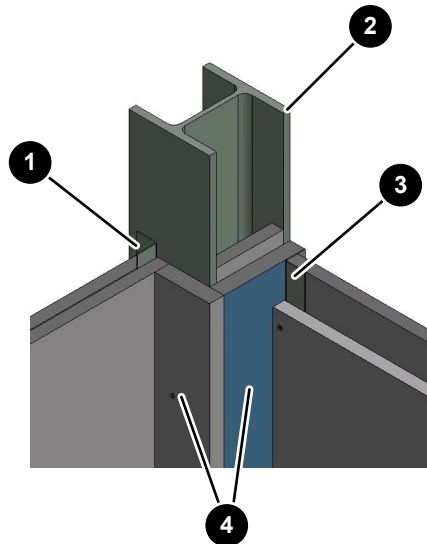


Abb. 4: Beispiel für die Ummantlung einer Stütze

1	L-Profil	2	HEB 140 S355
3	L-Profil	4	PROMATECT®-H Brandschutzplatten, 25 mm dick

Klassifizierung einzelner Komponenten

Um ein Bauelement als REI 60 einzustufen, müssen die jeweiligen Einzelkomponenten eine gewisse Einstufung vorweisen. Es benötigen jedoch nicht alle zum Bauelement gehörigen Komponenten eine REI 60-Einstufung.

So ist für die Wände und die Decke lediglich EI 60 erforderlich, da sie keine Lasten tragen und nur Wärmedämmung und Raumabschluss erfüllen müssen. Durchführungen müssen ebenfalls nur vor Feuer und Hitze schützen, daher ist nur die Bewertung EI 60 erforderlich.

Der Boden muss nicht nur die Übertragung von Feuer und Hitze verhindern, sondern auch Lasten tragen, sodass REI 60 erforderlich ist. Durch die Stützen und Balken kann kein Feuer dringen, und sie könnten ausschließlich durch Hitze betroffen sein, was ihre Festigkeit beeinträchtigen kann.

Für Stützen und Balken wird die erforderliche Isolierung deshalb so berechnet, dass ihre Widerstandsfähigkeit nicht gefährdet wird. Aus diesem Grund werden sie als R 60 gekennzeichnet. Siehe Abb. 5, S. 10.

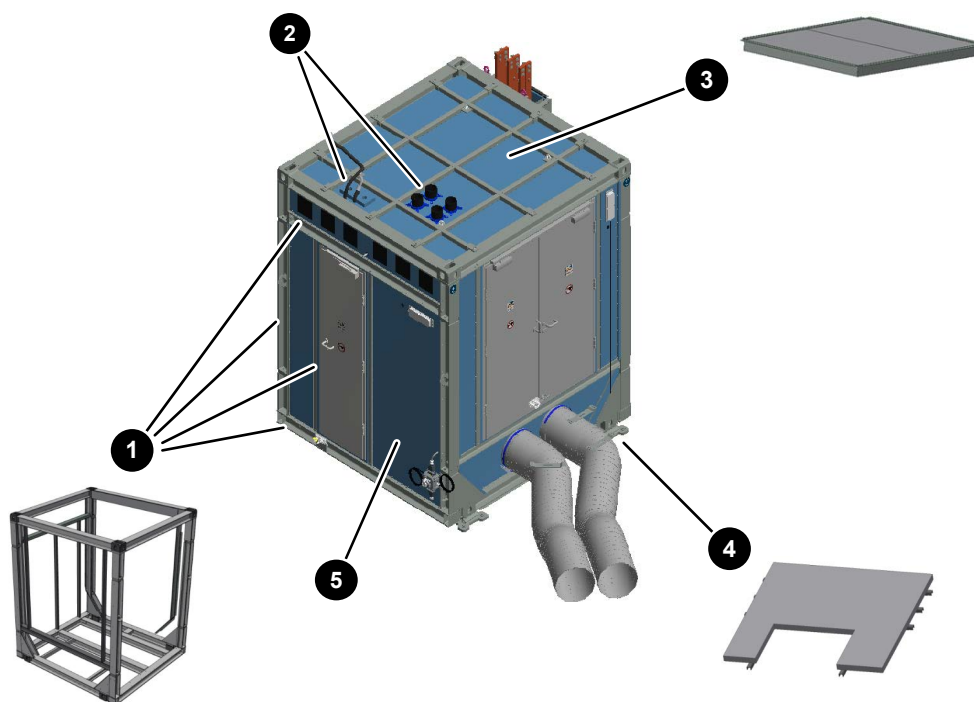


Abb. 5: Unterschiedliche Feuerwiderstandsklassen einzelner Systeme

1	Stützen und Balken R 60	2	Kabel- und Schlauchdurchführungen EI 60
3	Decke EI 60	4	Boden REI 60
5	Wand EI 60		

2.2 Innenraum-Klimabedingungen

Die erforderlichen Innenraum-Klimabedingungen werden in Übereinstimmung mit Punkt 6.5.7 der ÖVE/ÖNORM E 8383: 2000-03-01 mit natürlicher Querbelüftung (Abb. 6, S. 11) umgesetzt.

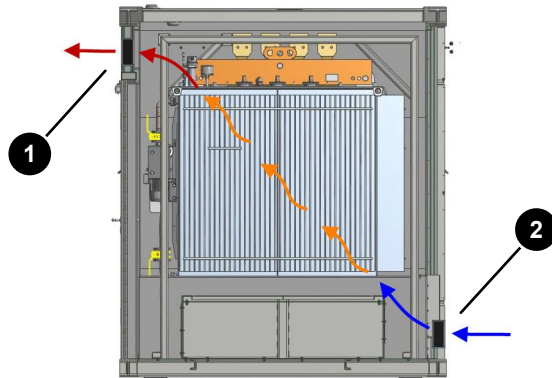


Abb. 6: Diagonalluftströmung im E-Modul durch das Belüftungssystem

1	PROMASTOP®-IM Grill	2	PROMASTOP®-IM Grill
---	---------------------	---	---------------------

Die erforderliche Grundfläche und die erforderliche Höhendifferenz für den Luftein- und -auslass sind so berechnet, dass die Umgebungstemperatur im ersten Level des E-Moduls EP3-EM-5E innerhalb der akzeptablen Grenzen bleibt.

Die Feuerwiderstandsklasse EI 60 des Belüftungssystems wird mittels PROMASTOP®-IM Grill in einer 2x2-Anordnung erreicht, bei dem es sich um ein zertifiziertes EI-120-Belüftungsprodukt handelt. Zusätzlich wurde der PROMASTOP®-IM Grill im November 2019 in Tisselt (Belgien) einem Brandtest unterzogen, und eine EI-60-Bewertung einer 4x20 mm großen PROMATECT®-H-Brandschutzplatte bestätigt.

2.3 Störlichtbogenkanäle

Die beiden Störlichtbogenkanäle sind notwendig, weil der Störlichtbogenabsorber der SF₆-gasisolierten Mittelspannungs-Schaltanlage im Metallgehäuse aus Platzgründen entfernt wurde. Deshalb ist ein Druckentlastungskanal für den Fall eines Störlichtbogens zwingend erforderlich.

Die Feuerwiderstandsklasse EI 60 im Bereich der Verbindung der Störlichtbogenkanäle wurde durch eine Isolierung mit 2x20 mm PROMATECT®-H Brandschutzplatten (Abb. 7, S. 12) sowie hitzebeständige Störlichtbogenkanäle erreicht.

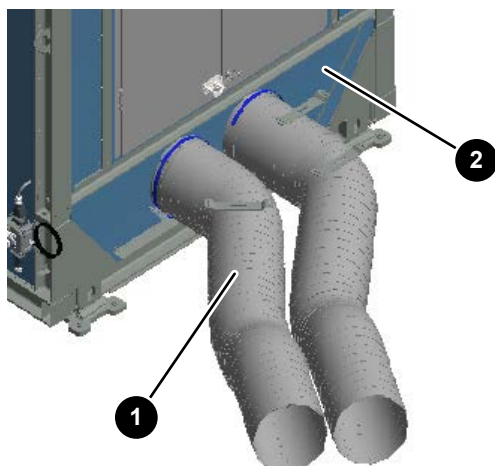


Abb. 7: Bereich des Störlichtbogenkanals

1	Hitzebeständiger Störlichtbogenkanal	2	2x20 mm PROMATECT®-H Brandschutzplatte
---	--------------------------------------	---	--

2.4 Einschluss von Rauch unter Brandbedingungen

Der Einschluss von Rauch im Turm aufgrund von Fehlern im Mittelspannungsbereich ist eine Anforderung, die nicht in ÖVE/ÖNORM E 8383: 2000-03-01 enthalten ist. Was diese Norm vorgibt, ist der Einschluss von Rauch unter Brandbedingungen (hohe Temperaturen). Diese Vorgabe wird erfüllt, indem das 1. Level des E-Modul EP3-EM-5E in der Feuerwiderstandsklasse REI 60 ausgeführt wurde. Hier bezeichnet die E-Kennzeichnung den Raumabschluss des Bauelements, d. h. dessen Fähigkeit, den Durchtritt bzw. die Erzeugung von Gasen oder Dämpfen in die bzw. in der dem Feuer abgewandte(n) Seite zu verhindern.

Um die E-Kennzeichnung (Raumabschluss) für das E-Modul EP3-EM-5E zu erreichen, wurden für alle Durchführungen des E-Moduls zertifizierte EI-60-Produkte verwendet. Zusätzlich wurde in Tissett (Belgien) ein Brandtest durchgeführt, um die EI-60-Einstufungen zu bestätigen. Dabei ist nur die PROMASTOP®- IM CBox 125 durchgefallen; die Ursache dafür war jedoch die Verwendung falscher Schrauben im Test.

2.5 Feuerwiderstandsklasse des Kabelkanals

Die Feuerwiderstandsklasse EI 60 für den Bereich des Kabelkanals wird erreicht, indem der Kabelkanal mit einer Feuerlöschdecke isoliert und unten am Boden der Windenergieanlage platziert wird (Abb. 8, S. 13).

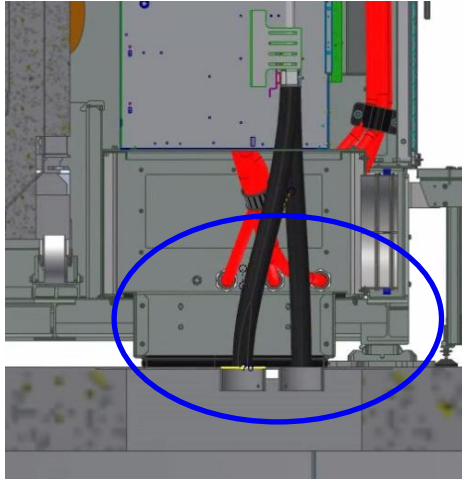


Abb. 8: Platzierung des Kabelkanals am Boden der Windenergieanlage

3 Druckentlastungskonzept

Das Brandschutz-E-Modul EP3-EM-5E ist mit einem Druckentlastungskanal ausgestattet, über den im Fehlerfall auftretende Druckwellen und Rauchgase in die Atmosphäre außerhalb des Turmfußes geleitet werden.

Der Druckentlastungskanal besteht aus 3 Subkomponenten:

- Kabelanschlussraum
- Druckentlastungsschläuche
- äußere Druckentlastung

Auf dem Druckentlastungskanal kann eine 2/3-feldrige Mittelspannungsschaltanlage ohne Absorber und ohne Kanal montiert werden.

3.1 Kabelanschlussraum

Der Kabelanschlussraum (siehe Abb. 9, S. 15) ist ein Kanal aus 4 mm starkem, verzinktem Stahlblech und Bestandteil des E-Modul-Stahlbaus. Der Kabelanschlussraum wird am Boden mit dem E-Modul mechanisch und druckdicht verbunden. Auf dem Kabelanschlussraum wird ein Adapter (siehe Abb. 9, S. 15) aus 4 mm starkem, verzinktem Stahlblech montiert, der die Installation von verschiedenen Mittelspannungs-Schaltanlagen ermöglicht.

Um den konstruktionsbedingten Spalt zwischen Kabelanschlussraum und Fundament der Windenergieanlage abdichten zu können, gibt es im Kabelanschlussraum einen Senkrahmen (siehe Abb. 10, S. 15) mit Ethylen-Propylen-Dien-Monomer-Dichtung und Quellband, der diesen Bereich druckdicht verschließt. Die Öffnungen der Leerrohre für die Mittelspannungskabel werden mit Ringraumdichtungen (siehe Abb. 10, S. 15) druckdicht verschlossen.

Durch alle zuvor genannten konstruktiven Maßnahmen wird sichergestellt, dass der im Fehlerfall entstehende Druck inkl. Rauchgase den Kabelanschlussraum nur in Richtung Druckentlastungsschläuche (siehe Abb. 9, S. 15) verlassen kann. Für die Abdichtung der Mittelspannungskabel in Richtung Transformator werden Kabelverschraubungen (siehe Abb. 9, S. 15) aus Messing mit 2 innenliegenden Dichtungen verwendet. Sämtliche Revisionsöffnungen (siehe Abb. 9, S. 15) sind mit Dichtungen ausgestattet, so dass diese im Betrieb druckdicht sind.

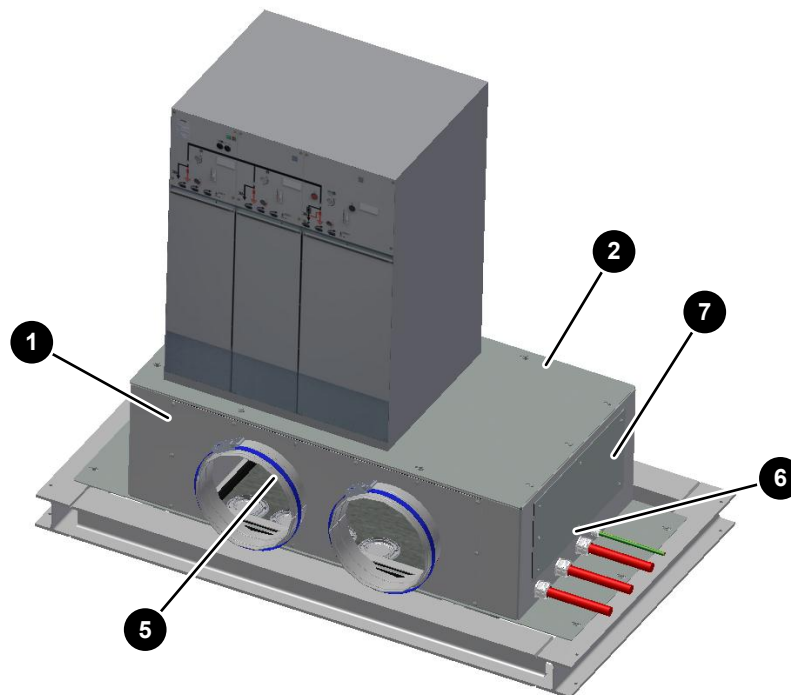


Abb. 9: Kabelanschlussraum

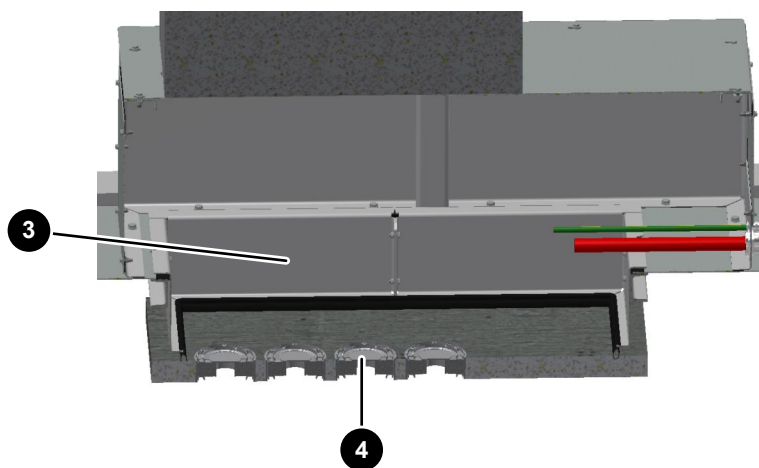


Abb. 10: Kabelanschlussraum, Senkrahmen und Ringraumdichtungen

1	Kabelanschlussraum	2	Adapter
3	Senkrahmen	4	Ringraumdichtungen
5	Druckentlastungsschläuche	6	Kabelverschraubungen
7	Revisionsöffnungen		

3.2 Druckentlastungsschläuche

Die Druckentlastungsschläuche verbinden den Kabelanschlussraum im E-Modul mit der äußeren Druckentlastung. Es werden 2 Hochtemperatur-Spiralschläuche der Nenngröße DN400 hierfür verwendet. Diese sind für eine Dauerbetriebstemperatur von 800 °C und einen Betriebsüberdruck von 2,0 Bar ausgelegt. Die Befestigung an beiden Enden erfolgt über Spanngurte. Um ein Abrutschen der Anschlüsse zu verhindern, sind die angrenzenden Bauteile so gestaltet, dass ein Kragen entsteht, der über einen vergrößerten Außendurchmesser verfügt.



Abb. 11: Druckentlastungsschlauch

3.3 Äußere Druckentlastung

Die Druckentlastung außerhalb des Turmes ist ein baulich getrennter Teil der Rückkühleinheit, welche sich zwischen den Turmachsen II und III außen an der Turmwand auf dem Fundament befindet. Die Druckentlastung in der Rückkühleinheit ist über eine federgelagerte Klappe (siehe Abb. 12, S. 16) im Betrieb geschlossen. Im Fehlerfall öffnet die Klappe automatisch mechanisch durch den entstandenen Druck und entlässt die Druckwelle sowie einen Großteil der Rauchgase in die Atmosphäre.

Die Druckentlastungsklappe ist so gestaltet, dass ein Öffnungswinkel größer 45° mechanisch nicht möglich ist. Die Klappe befindet sich in einer Höhe von 2300 mm über dem Fundament.

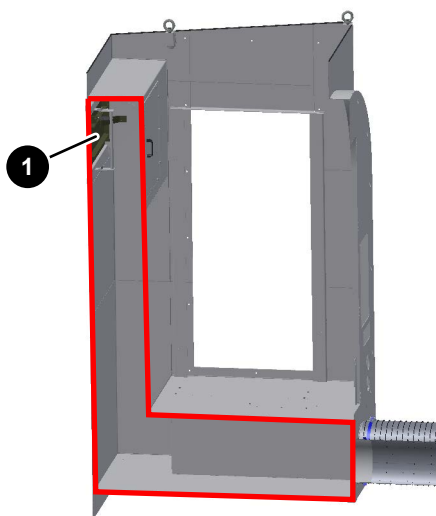


Abb. 12: Äußere Druckentlastung über federgelagerte Klappe

1	Federgelagerte Klappe
---	-----------------------

4 Typenprüfung

Das E-Modul EP3-EM-5E ist gemäß IEC 62271-202 als fabrikfertige Station für Hoch/Niederspannung geprüft. Der Typenprüfbericht für die Kombination mit der Mittelspannungsschaltanlage „CGM.3“ von Ormazabal ist beim Institut IPH in Berlin unter der Nummer 10936-19-1192 hinterlegt. Im Zuge der praktischen Prüfung wurden folgende Kriterien gemäß Norm erfüllt:

Kriterium 1

Ordnungsgemäß gesicherte Türen und Abdeckungen der Station öffnen sich nicht. Verformungen werden zugelassen, sofern auf keiner Seite ein Teil an die Position der Indikatoren heranreicht. Die Station braucht nach der Prüfung nicht ihrem IP-Schutzgrad zu entsprechen.

Kriterium 2

Während der für die Prüfung festgelegten Dauer tritt kein Aufreißen des Stationsgehäuses auf. Es werden keine Teile einer Einzelmasse oberhalb 60 g weggeschleudert. Der Wert von 60 g wurde gewählt, um IEC 62271-200: 2011 zu folgen.

Kriterium 3

Der Störlichtbogen erzeugt vom Fußboden bis zu einer Höhe von 2 m keine Löcher in den zugänglich deklarierten Seiten der Station.

Kriterium 4

Die Indikatoren werden nicht durch die Wirkung heißer Gase oder brennender Flüssigkeiten entzündet. Sollten die Indikatoren während der Prüfung anfangen zu brennen, darf das Beurteilungskriterium dennoch als erfüllt betrachtet werden, wenn der Nachweis erbracht ist, dass die Entzündung der Indikatoren durch glühende Teilchen und nicht durch heiße Gase erfolgte.

Kriterium 5

Das Gehäuse bleibt mit seinem Erdungspunkt verbunden. Im Allgemeinen ist eine Sichtprüfung ausreichend, um Übereinstimmung festzustellen. Im Zweifelsfall ist der elektrische Durchgang der Erdungsverbindung zu überprüfen.

Für die Gondeln und die E-Module im Turmfuß sind, je nach Windenergieanlagentyp, optional automatische Löschsyste me verfügbar.

Die automatische n Löschsyste me dienen dem Schutz der Windenergieanlage und der Standortumgebung. Durch den Einsatz der automatische n Löschsyste me kann die Ausdehnung eines Feuers verhindert werden, indem entstehende Brände umgehend am Brandherd gelöscht werden. Das Ausmaß von Schäden an der Windenergieanlage und der Umwelt wird so minimiert.

Aufbau

Die automatische n Löschsyste me in der Gondel und im E-Modul funktionieren unabhängig voneinander und sind nicht miteinander verbunden. Sie sind prinzipiell identisch aufgebaut. Die Komponenten der automatische n Löschsyste me werden von einem zertifizierten Zulieferer bezogen und individuell an die Windenergieanlage angepasst.

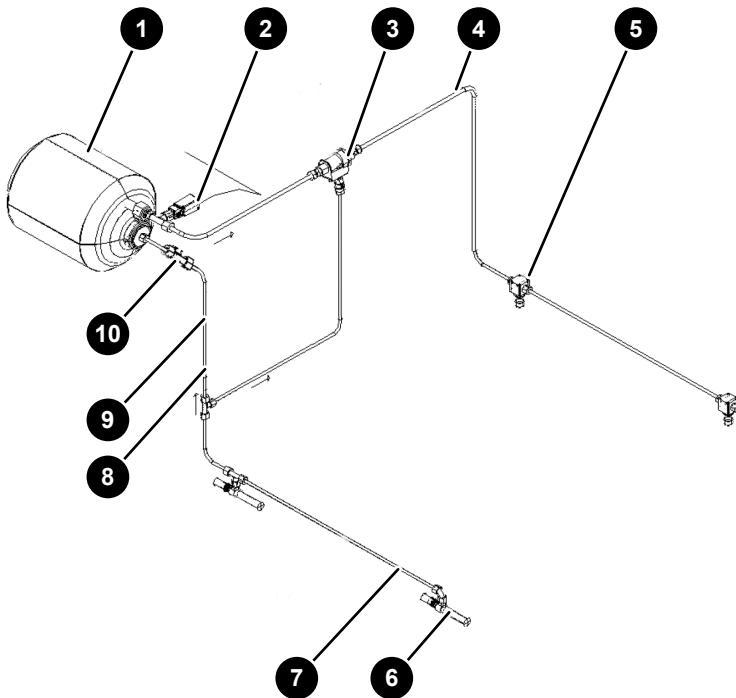


Abb. 1: Automatisches Löschsyste m (schematische Darstellung eines Löschbereichs)

1	Löschmittelbehälter mit integrierter Steuerung	2	Druckschalter
3	Bereichsventil	4	Löschleitung
5	Feinsprühdüse	6	Branderkennungselement
7	Steuerleitung	8	Druckschalter (nicht abgebildet)
9	Absperrventil (nicht abgebildet)	10	Booster mit integrierter Zeitverzögerung

Funktionsweise

In den Schaltschränken, von denen die höchste Brandgefahr ausgeht, sind Branderkennungselemente und Feinsprühdüsen eingebaut, die über Steuer- und Löschleitungen mit einem Löschmittelbehälter verbunden sind.

In den Branderkennungselementen befinden sich wärmeempfindliche Ampullen, die beim Überschreiten einer festgelegten Temperatur (30 Kelvin über Betriebstemperatur) auslösen.

Das Auslösen eines Branderkennungselements bewirkt einen Druckanstieg in der Steuerleitung. Durch den Druckanstieg werden zeitgleich der Druckschalter in der Steuerleitung betätigt, ein Booster aktiviert und ein Bereichsventil geöffnet.

Die Druckschalter sind die Schnittstelle zwischen dem (mechanisch-pneumatischem) Löschsyste m und der (elektrischen) Steuerung der Windenergieanlage. Die Druckschalter bewirken eine Trennung des gesamten Leistungsstrangs der Windenergieanlage vom Netz und ein Anhalten der Windenergieanlage. Die Windenergieanlage sendet eine Statusmeldung an den ENERCON Service.

Der aktivierte Booster erhöht nach 6 bis 10 Sekunden den Druck in der Steuerleitung. Durch den erhöhten Druck löst innerhalb des Löschmittelbehälters eine Treibgaspatrone aus. Das freigesetzte Treibgas presst das Löschmittel in die Löschleitung.

Das geöffnete Bereichsventil leitet das Löschmittel durch die Löschleitung zu den Feinsprühdüsen, wo es als feiner Nebel auf den Brandherd gegeben wird. Andere Bereichsventile bleiben geschlossen, sodass das Löschmittel nur in den betroffenen Schaltschrank (bzw. in die betroffene Schaltschrankgruppe) geleitet wird.

Der ENERCON Service prüft nach empfangener Statusmeldung umgehend die Plausibilität eines Brands anhand weiterer Sensorik (Temperatursensoren, Rauchschalter) und entsendet ein Serviceteam zwecks erster Überprüfung zur Windenergieanlage. Sofern ein Brand festgestellt wird, alarmiert der ENERCON Service die Feuerwehr, welche vor Ort über weitere Maßnahmen entscheidet. Der ENERCON Service ist täglich 24 Stunden erreichbar.

Die in der Windenergieanlage installierten Rauchschalter sind nicht Teil der automatischen Löschsyste me. Die Rauchschalter werden nicht als Auslöseelemente für die automatischen Löschsyste me verwendet, da sie den genauen Brandort nicht erkennen können und Fehlauflösungen der Rauchschalter nicht unüblich sind.

Weitere Eigenschaften

Das eingesetzte Löschmittel ist geeignet zum Löschen von Bränden der Brandklassen A und B und bietet eine gute Oberflächenbenetzung und -imprägnierung fester Stoffe. Es ist biologisch abbaubar und entspricht der Wassergefährdungsklasse 1.

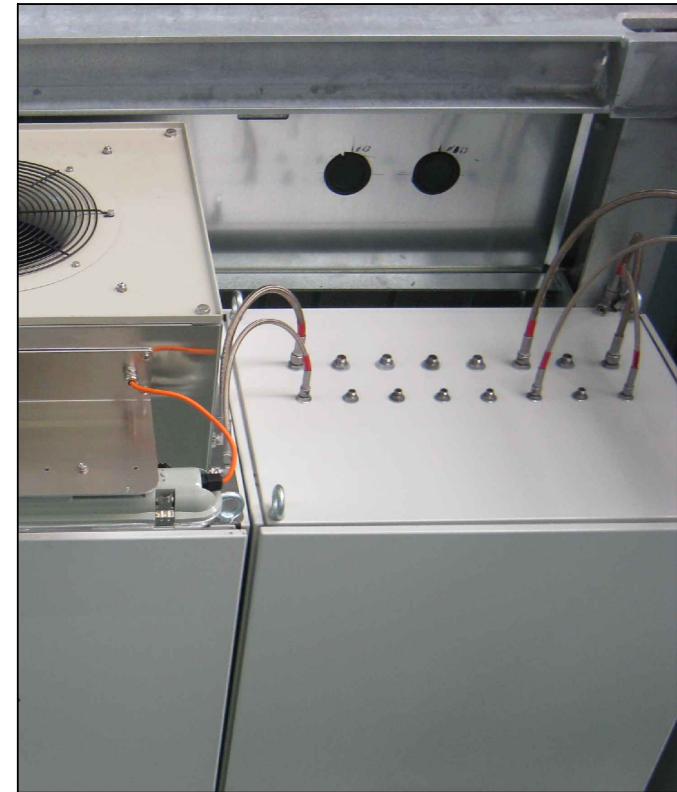
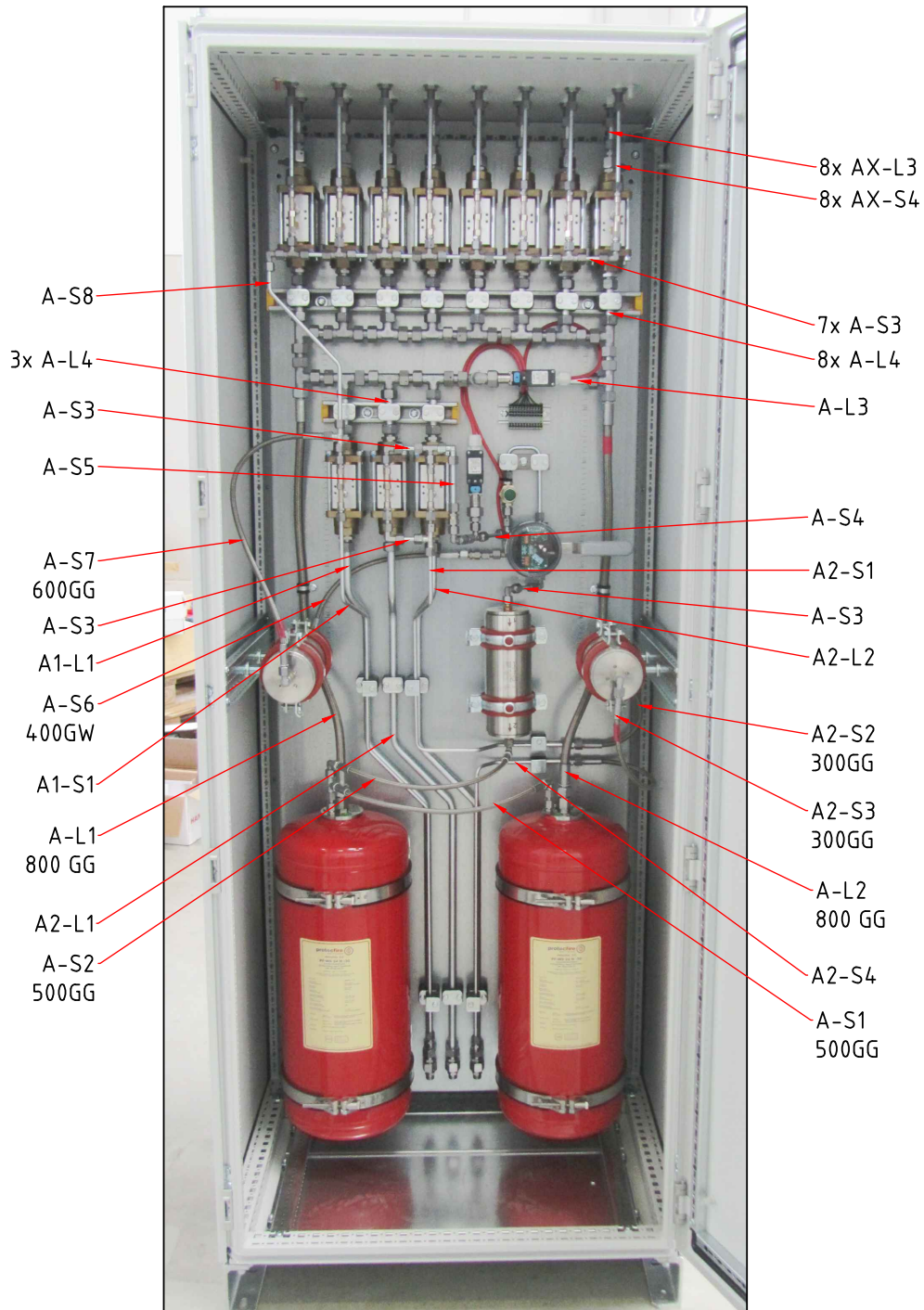
Die Funktionstüchtigkeit der automatischen Löschsyste me ist in einem Temperaturbereich von -30 °C bis +75 °C gewährleistet.

Im Bereitschaftszustand sind die Löschsyste me drucklos und benötigen keine Fremdenergie. Zudem sind die Löschsyste me unempfindlich gegenüber Stößen, Vibrationen, Erschütterung, Verschmutzung sowie elektromagnetischen Auswirkungen.


Die Löschsyste me können während der Produktion eingebaut oder nachgerüstet werden. Die benötigte Zeit für die Montage richtet sich nach dem Umfang der durchzuführenden Arbeiten, wobei eine Nachrüstung zeitintensiver ist als die Montage während der Produktion.

Um auch nach langem Bereitschaftszustand schlagartig die volle Löschwirkung entfalten zu können, werden die Löschsyste me jährlich von geschultem Personal gewartet.

Bei bestimmten Wartungstätigkeiten in der Windenergieanlage müssen die Löschsyste me deaktiviert werden. Zu diesem Zweck ist vor dem Booster ein handbetätigtes Absperrventil (Wartungschalter) eingebaut. Die Absperrventile werden durch die Anlagensteuerung überwacht. Sollte ein Absperrventil außerhalb der Wartung geschlossen sein, hält die Windenergieanlage an. Dadurch wird ein Automatikbetrieb der Windenergieanlage bei deaktivierten Löschsyste men verhindert.

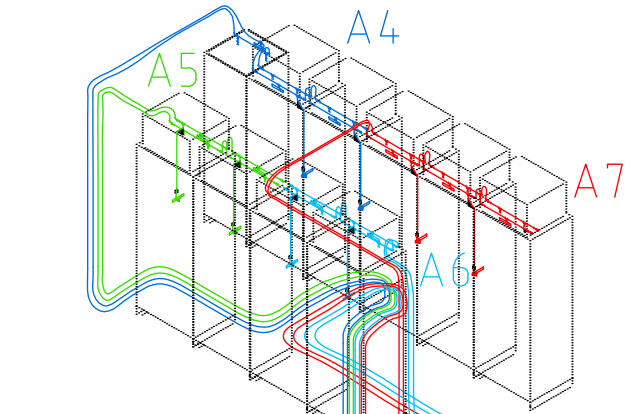


Standort Level 2.2

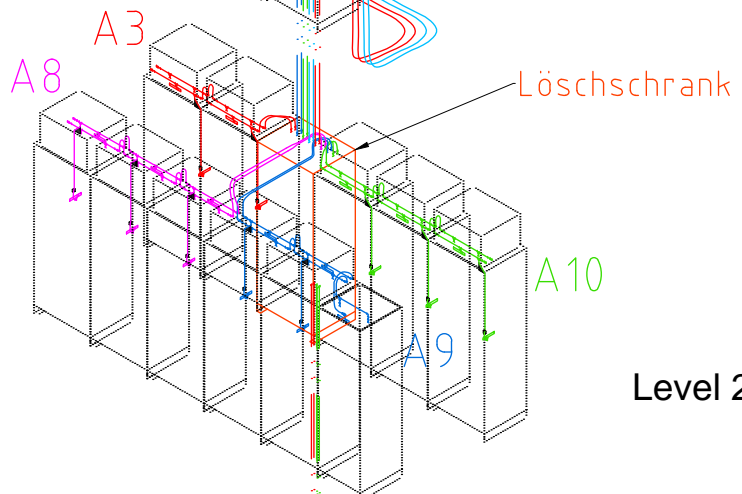
Index	Datum	Änderung	X	Vorabzug	Montageplan	Revisionsplan	Gez.:	Gepr.:
 Weidekamp 10 D - 23558 Lübeck Tel. : 0451 - 399 61 0 Fax.: 0451 - 399 61 20					2017	Datum:	Name:	Maßstab:
Projekt: Kompaktfeuerlöschanlage/COMPACT EXTINGUISHING SYSTEM E126 EM-03-04 Turmfuß					Gezeichnet:	30.06.	Schmidt	/
					Projektleitung:	30.06.	Solis	
Planinhalt: Bauteile Löschschränk					Techn. Leitung: Montageleitung: Auftraggeber: Enercon			
Zeichnungsnr.: E126EM03-04-X11-00-01					Index	Format	Ers. für:	Ers. durch:
						A3	Ursprung:	81/89

Copyright reserved

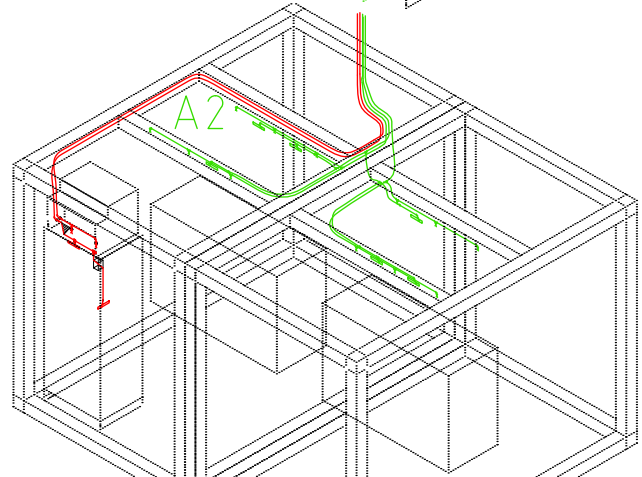
Level 3.2



Level 3.1



Level 2.2



Level 2.1

Level 1.2

A1



Level 1.1

Bereich A1

Level 1.2
USV
Auslösetemperatur 93°C

Bereich A2

Level 1.1+1.2
Travo
Auslösetemperatur 141°C

Bereich A3

Level 2.2
2x Leistungsschrank
Auslösetemperatur 93°C

Bereich A4

Level 3.2
2x Leistungsschrank
1x Unterverteiler
Auslösetemperatur 93°C

Bereich A5

Level 3.2
2x Leistungsschrank
Auslösetemperatur 93°C

Bereich A6

Level 3.1
2x Leistungsschrank
Auslösetemperatur 93°C

Bereich A7

Level 3.1
2x Leistungsschrank
1x Blattheizung
Auslösetemperatur 93°C

Bereich A8


Level 2.2
3x Leistungsschrank
Auslösetemperatur 93°C

Bereich A9

Level 2.1
2x Leistungsschrank
1x Unterverteiler
Auslösetemperatur 93°C

Bereich A10

Level 2.2
3x Leistungsschrank
Auslösetemperatur 93°C

Index	Datum	Änderung	Vorabzug	Montageplan	Revisionsplan	Gez.:	Gepr.:
 Weidekamp 10 D - 23558 Lübeck Tel. : 0451 - 399 61 0 Fax.: 0451 - 399 61 20				2017	Datum:	Name:	Maßstab:
Projekt: Kompaktfeuerlöschanlage/COMPACT EXTINGUISHING SYSTEM E126 EM-03 Turmfuß				Gezeichnet:	11.06.	Schmidt	/
Planinhalt: Übersicht				Projektleitung:	11.06.	Solis	Für diese Zeichnung behalten wir uns alle Rechte nach DIN34 vor!
Zeichnungsnr.: E126EM03-X10-00				Techn. Leitung:			
Index: A3				Auftraggeber: Enercon		Ers. durch: 82/89	
Ursprung:				Ers. für:		Ers. durch:	

Datenblatt

ENERCON Windenergieanlagen Feuerlöscher

Herausgeber ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109
E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
Geschäftsführer: Hans-Dieter Kettwig, Simon-Hermann Wobben
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	D0648865-0		
Vermerk	Originaldokument		
Datum	Sprache	DCC	Werk / Abteilung
2017-11-16	de	DA	WRD Management Support GmbH / Technische Redaktion

Im Folgenden werden die in ENERCON Windenergieanlagen installierten Feuerlöscher aufgeführt. Die Tabellen nennen die Anzahl und die CO₂-Kapazitäten der Feuerlöscher für die Gondel und die Türme in den verschiedenen Windenergieanlagentypen.

Tab. 1: Feuerlöscher in der E-44

Installationsort	Anzahl und Kapazität
Gondel	1 x 2 kg
Turm E-44/S/44/3K/01	1 x 2 kg
Turm E-44/S/44/3K/02	1 x 2 kg
Turm E-44/S/54/3K/01	1 x 2 kg

Tab. 2: Feuerlöscher in der E-48

Installationsort	Anzahl und Kapazität
Gondel	1 x 2 kg
Turm E-48/S/49/3K/01	1 x 2 kg
Turm E-48/S/55/3K/01	1 x 2 kg
Turm E-48/S/59/3K/01	1 x 2 kg
Turm E-48/S/64/3F/01	1 x 2 kg
Turm E-48/S/75/3F/01	1 x 2 kg

Tab. 3: Feuerlöscher in der E-53

Installationsort	Anzahl und Kapazität
Gondel	1 x 2 kg
Turm E-53/S/49/3K/01	1 x 2 kg
Turm E-53/S/59/3K/02	1 x 2 kg
Turm E-53/S/72/3K/03	1 x 2 kg

Tab. 4: Feuerlöscher in der E-70 E4

Installationsort	Anzahl und Kapazität
Gondel	2 x 2 kg
Turm E-70 E4/S/56/3K/01	1 x 2 kg
Turm E-70 E4/S/63/3F/02	1 x 2 kg
Turm E-70 E4/S/63/3K/01	1 x 2 kg
Turm E-70 E4/S/73/5K/01	2 x 2 kg
Turm E-70 E4/S/84/4F/01	1 x 2 kg
Turm E-70 E4/BF/83/17/02	1 x 2 kg
Turm E-70 E4/BF/83/17/03	1 x 2 kg
Turm E-70 E4/BF/97/20/02	1 x 2 kg

Installationsort	Anzahl und Kapazität
Turm E-70 E4/BF/112/24/02	1 x 5 kg

Tab. 5: Feuerlöscher in der E-82 E2

Installationsort	Anzahl und Kapazität
Gondel	2 x 2 kg
Turm E-82 E2/S/77/5K/01	1 x 2 kg
Turm E-82 E2/S/77/4F/01	1 x 2 kg
Turm E-82 E2/S/77/4F/02	1 x 2 kg
Turm E-82 E2/S/83/5K/01	2 x 2 kg
Turm E-82 E2/BF/82/17/05	1 x 2 kg
Turm E-82 E2/BF/83/17/01	1 x 2 kg
Turm E-82 E2/BF/83/17/02	1 x 2 kg
Turm E-82 E2/BF/83/17/03	1 x 2 kg
Turm E-82 E2/BF/97/20/01	1 x 2 kg
Turm E-82 E2/BF/97/20/03	1 x 2 kg
Turm E-82 E2/BF/97/20/05	1 x 2 kg
Turm E-82 E2/BF/107/23/01	2 x 2 kg
Turm E-82 E2/BF/107/23/05	1 x 2 kg
Turm E-82 E2/BF/137/24/01	2 x 5 kg

Tab. 6: Feuerlöscher in der E-82 E3

Installationsort	Anzahl und Kapazität
Gondel	2 x 2 kg
Turm E-82 E3/S/77/5K/01	1 x 2 kg
Turm E-82 E3/S/77/4F/02	1 x 2 kg
Turm E-82 E3/S/83/5K/01	2 x 2 kg
Turm E-82 E3/BF/82/17/05	1 x 2 kg
Turm E-82 E3/BF/83/17/01	1 x 2 kg
Turm E-82 E3/BF/83/17/02	1 x 2 kg
Turm E-82 E3/BF/83/17/03	1 x 2 kg
Turm E-82 E3/BF/97/20/01	1 x 2 kg
Turm E-82 E3/BF/97/20/03	1 x 2 kg
Turm E-82 E3/BF/97/20/05	1 x 2 kg
Turm E-82 E3/BF/107/23/01	2 x 2 kg
Turm E-82 E3/BF/107/23/05	1 x 2 kg

Installationsort	Anzahl und Kapazität
Turm E-82 E3/BF/137/24/01	2 x 5 kg

Tab. 7: Feuerlöscher in der E-82 E4

Installationsort	Anzahl und Kapazität
Gondel	2 x 2 kg
Turm E-82 E4/S/57/4K/01	1 x 2 kg
Turm E-82 E4/S/67/5K/01	1 x 2 kg
Turm E-82 E4/S/77/5K/01	2 x 2 kg
Turm E-82 E4/BF/82/11/01	1 x 2 kg

Tab. 8: Feuerlöscher in der E-92

Installationsort	Anzahl und Kapazität
Gondel	2 x 2 kg
Turm E-92/S/67/5K/01	1 x 2 kg
Turm E-92/S/77/5K/01	1 x 2 kg
Turm E-92/S/83/5K/01	2 x 2 kg
Turm E-92/BF/82/17/05	1 x 2 kg
Turm E-92/BF/83/17/01	1 x 2 kg
Turm E-92/BF/97/20/01	1 x 2 kg
Turm E-92/BF/97/20/05	1 x 2 kg
Turm E-92/BF/102/17/01	1 x 2 kg
Turm E-92/BF/102/17/02	1 x 2 kg
Turm E-92/BF/107/17/01	1 x 5 kg
Turm E-92/BF/107/29/02	1 x 2 kg
Turm E-92/BF/137/25/02	1 x 2 kg, 1 x 5 kg

Tab. 9: Feuerlöscher in der E-101

Installationsort	Anzahl und Kapazität
Gondel	1 x 2 kg, 1 x 5 kg
Turm E-101/BF/97/17/01	1 x 2 kg
Turm E-101/BF/122/25/01	1 x 5 kg
Turm E-101/BF/133/27/01	1 x 2 kg, 1 x 5 kg
Turm E-101/BF/133/37/01	1 x 2 kg, 1 x 5 kg
Turm E-101/BF/147/36/01	1 x 2 kg, 1 x 5 kg
Turm E-101/BF/147/31/01	1 x 2 kg, 1 x 5 kg

Tab. 10: Feuerlöscher in der E-101 E2

Installationsort	Anzahl und Kapazität
Gondel	1 x 2 kg, 1 x 5 kg
Turm E-101 E2/S/72/5K/01	2 x 2 kg
Turm E-101 E2/S/72/5K/02	2 x 2 kg
Turm E-101 E2-ST-99-FB-C-01	2 x 2 kg

Tab. 11: Feuerlöscher in der E-103 EP2

Installationsort	Anzahl und Kapazität
Gondel	2 x 2 kg
Turm E-103 EP2-ST-85-FB-C-01	2 x 2 kg
Turm E-103 EP2-ST-98-FB-C-01	2 x 2 kg
Turm E-103 EP2-HT-98-IS-C-02	1 x 2 kg
Turm E-103 EP2-HT-108-IS-C-01	1 x 2 kg
Turm E-103 EP2-HT-125-IS-C-01	1 x 5 kg
Turm E-103 EP2-HT-138-IS-C-01	3 x 2 kg

Tab. 12: Feuerlöscher in der E-115

Installationsort	Anzahl und Kapazität
Gondel	1 x 2 kg, 1 x 5 kg
Turm E-115/BF/90/14/01	1 x 2 kg
Turm E-115/BF/90/14/02	1 x 2 kg
Turm E-115/BF/120/33/01	1 x 5 kg
Turm E-115/BF/133/37/01	1 x 5 kg
Turm E-115/BF/133/27/02	1 x 5 kg
Turm E-115/BF/147/36/01	1 x 5 kg
Turm E-115/BF/147/31/02	1 x 5 kg

Tab. 13: Feuerlöscher in der E-115 E2

Installationsort	Anzahl und Kapazität
Gondel	1 x 2 kg, 1 x 5 kg
Turm E-115 E2/BF/90/14/01	1 x 2 kg
Turm E-115 E2/BF/90/14/02	1 x 2 kg
Turm E-115 E2/BF/120/33/01	1 x 5 kg
Turm E-115 E2/BF/133/27/02	1 x 5 kg
Turm E-115 E2/BF/147/31/02	1 x 5 kg

Tab. 14: Feuerlöscher in der E-126 EP4

Installationsort	Anzahl und Kapazität
Gondel	2 x 2 kg, 1 x 5 kg
Turm E-126 EP4-ST-99-FB-C-01	1 x 2 kg, 1 x 5 kg
Turm E-126 EP4/BF/132/31/01	1 x 5 kg
Turm E-126 EP4-HT-135-ES-C-02	1 x 2 kg
Turm E-126 EP4-HT-159-ES-C-01	1 x 5 kg

Tab. 15: Feuerlöscher in der E-141 EP4

Installationsort	Anzahl und Kapazität
Gondel	2 x 2 kg, 1 x 5 kg
Turm E-141 EP4/BF/126/31/01	1 x 5 kg
Turm E-141 EP4-HT-129-ES-C-02	2 x 2 kg
Turm E-141 EP4-HT-159-ES-C-01	1 x 5 kg

Tab. 16: Feuerlöscher in der E-126

Installationsort	Anzahl und Kapazität
Gondel	3 x 5 kg
Turm E-126/BF/131/36/02	1 x 5 kg
Turm E-126/BF/131/36/04	1 x 5 kg
Turm E-126/BF/131/36/05	1 x 5 kg