

Technische Beschreibung

Kühlsysteme

ENERCON Windenergieanlagen EP5

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, 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

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	D0912596-0		
Vermerk	Originaldokument		
Datum	Sprache	DCC	Werk / Abteilung
2020-04-22	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.

Übergeordnete Normen und Richtlinien

Dokument-ID	Dokument
IEC 61400-1:2005 + A1:2010	Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen

Zugehörige Dokumente

Dokument-ID	Dokument
D0809999	Sicherheitsdatenblatt GLYSANTIN G30 pink
D0855660	LP4 STATCOM Function (LP4 STATCOM Funktion)

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	5
2	Temperaturüberwachung und Maßnahmen bei hohen Temperaturen	6
3	Klimaeinflüsse	8
4	Generatorkühlung	9
4.1	Generatorkühlung von innen	9
4.2	Generatorkühlung von außen	10
5	Turmkühlung	11
5.1	Flüssigkeitskühlung	13
5.1.1	Bestandteile des Flüssigkeitskühlsystems	13
5.1.2	Fließrichtung der Kühlflüssigkeit im Kühlkreislauf	18
5.2	Luftkühlung	19
5.2.1	Kühlung mit Außenluft	19
5.2.1.1	Außenluft zur Kühlung des Transformators	21
5.2.1.2	Außenluft zur Kühlung der Kühlflüssigkeit	25
5.2.2	Kühlung mit Luft aus dem Turminnenen	27
6	Kühlflüssigkeit	28
6.1	Sicherheitsvorrichtungen	28
6.2	Inspektion	28
6.3	Unbeabsichtigte Freisetzung von Kühlflüssigkeit	29
7	Schutz vor Staub und Sand	30
	Fachwortverzeichnis	31
	Stichwortverzeichnis	32

1 Allgemeines

Dieses Dokument beschreibt die Kühlung der ENERCON Windenergieanlagen und die dabei eingesetzten Verfahren, wie die Luftkühlung des Generators und der Komponenten im Turm sowie die Flüssigkeitskühlung der Umrichter (Vollumrichter).

Des Weiteren wird das Verhalten der Windenergieanlagen bei hohen Temperaturen dargestellt. Hohe Temperaturen können wetterbedingt oder aufgrund von Störungen im Betriebsablauf (z. B. Ausfall der Kühlung) entstehen.

Dieses Dokument gilt für Windenergieanlagen der Plattform EP5:

- E-136 EP5
- E-147 EP5
- E-147 EP5 E2
- E-160 EP5
- E-160 EP5 E2

2 Temperaturüberwachung und Maßnahmen bei hohen Temperaturen

Bestimmte Komponenten der Windenergieanlage, insbesondere der Generator und die elektronischen Leistungskomponenten, erzeugen im Betrieb Wärme und müssen vor zu hohen Betriebstemperaturen geschützt werden.

Die Temperaturen der Umrichter werden innerhalb ihres Optimalbereichs geregelt, um eine möglichst hohe Lebensdauer zu erreichen.

Sensoren messen kontinuierlich die Temperatur der Komponenten der Windenergieanlage, bei denen eine Temperaturregelung erforderlich ist und bei denen kritische Temperaturen auftreten können. Die Anlagensteuerung analysiert die Messwerte und leitet bei Bedarf Maßnahmen ein.

Je nach Messwert und in Abhängigkeit vom jeweiligen Windenergieanlagentyp können folgende Maßnahmen ergriffen werden:

- Die Komponenten der Windenergieanlage werden gekühlt.
- Die Leistung wird gedrosselt.
- Die Windenergieanlage wird angehalten.

Um ein hohes Maß an Sicherheit zu gewährleisten, werden alle gemessenen Temperaturen kontinuierlich (mehrmals pro Sekunde) überprüft. Alle Temperaturen haben einen variablen Verlauf entsprechend der analogen Temperaturmessung, z. B. mit PT100-Elementen (Platin-Messwiderständen). Messwerte, die zu Leistungsdrosselung oder Alarmen führen können, werden zu Evaluationszwecken und zur Zustandsüberwachung (Condition Monitoring) aufgezeichnet.

Die Ergebnisse der kontinuierlichen Temperaturmessungen werden an die Anlagensteuerung übermittelt. Steigt die Temperatur einzelner Komponenten der Windenergieanlage, werden entsprechend dem optimalen Schwellenwert der einzelnen Komponenten Lüfter eingeschaltet. Überwacht werden unter anderem folgende Komponenten der Windenergieanlage:

- Ringgenerator
- Frequenzumrichter des Blattverstellsystems
- Umrichter
- Kühlsystem der Umrichter
- Steuerschränke

Erreicht eine Temperatur ihren vorgegebenen Maximalwert, wird die Leistung gedrosselt. Die Drosselung erfolgt oberhalb eines definierten Schwellenwerts. Dies betrifft folgende Komponenten der Windenergieanlage:

- Ringgenerator (mehrere Sensoren an Generator-Rotor und Generator-Stator)
- Transformator

Die Überwachung durch die Anlagensteuerung erfolgt zweistufig. Es gibt eine Warnstufe und eine Fehlerstufe. Erreicht eine Temperatur einen kritischen Wert, generiert die Anlagensteuerung eine Warnmeldung, die über das ENERCON SCADA System übertragen wird. Sobald eine Temperatur einen kritischen Wert übersteigt, generiert die Anlagensteuerung eine Fehlermeldung, die die Windenergieanlage zum Stillstand bringt.

Die Überwachung erfolgt für folgende Komponenten der Windenergieanlage:

- Ringgenerator (Generator-Rotor und Generator-Stator)
- Notstromversorgung der Blattverstelleinheiten
- Rotorlager (rotierender und feststehender Teil)
- Frequenzumrichter und Motoren der Blattverstelleinheiten

- Steuerschränke mit Pufferleistung für Not-Halt-System
- Elektronik und Kühlsysteme der Umrichter
- Transformator

Diese Maßnahmen erfolgen in einem mehrstufigen Prozess, der von dem Windenergieanlagentyp, der Turmvariante, der betroffenen Komponente der Windenergieanlage und dem jeweiligen Schwellenwert abhängig ist.

Im Folgenden wird die Prozesskette bei steigender Temperatur dargestellt:

Temperaturabhängige Betriebszustände

1. Alle Temperaturen sind im Normalbereich. Die Lüfter werden in Abhängigkeit von den Temperaturen der Komponenten der Windenergieanlage geregelt. Die Höhe der maximalen Ausgangsleistung ist nicht begrenzt.
2. Eine Temperatur erreicht einen Schwellenwert. Die Leistungsabgabe der Windenergieanlage wird reduziert. Die Höhe der maximalen Ausgangsleistung wird allmählich verringert. Sobald die Temperatur unter den festgelegten Schwellenwert gefallen ist, wird die Höhe der maximalen Ausgangsleistung nicht mehr begrenzt.
3. Eine Temperatur erreicht einen kritischen Wert. Die Anlagensteuerung generiert eine Warnmeldung, die über das ENERCON SCADA System übertragen wird.
4. Eine Temperatur überschreitet einen kritischen Wert. Die Windenergieanlage hält an. Die Anlagensteuerung generiert eine Fehlermeldung, die über das ENERCON SCADA System übertragen wird.

3 Klimaeinflüsse

Die Temperatur innerhalb einer Windenergieanlage wird von den folgenden Parametern beeinflusst:

- Außentemperatur
- Windgeschwindigkeit
- Sonneneinstrahlung
- Niederschlag
- thermische Vorgeschichte der Windenergieanlage (Zeitkonstante)

Der Einfluss der einzelnen Parameter ist regional sehr unterschiedlich. Ein wichtiger Parameter ist die Windgeschwindigkeit, die ausschlaggebend für die Leistung und damit auch für die Betriebstemperatur einer Windenergieanlage ist.

Die Kombination aus sehr hoher Außentemperatur ($> 40\text{ °C}$) und geringer Windgeschwindigkeit (Windenergieanlage im Teillastbetrieb oder unterhalb der Einschaltwindgeschwindigkeit) ist unkritisch¹.

Eine hohe Außentemperatur ($> 40\text{ °C}$) mit einer gleichzeitig hohen Windgeschwindigkeit (Windenergieanlage im Vollastbetrieb) ist eine extreme Betriebsbedingung. Ohne geeignete Gegenmaßnahmen können insbesondere in der Leistungselektronik, im Generator und im Transformator unzulässig hohe Temperaturen entstehen.

Spezielle technische Lösungen für extreme Standortbedingungen sind ggf. nach Rücksprache möglich.

Während der Projektplanung kann eine Einschätzung erfolgen, ob ein besonderes Risiko der Überhitzung der Windenergieanlage vorliegt. Dazu müssen parallele Messreihen von Windgeschwindigkeit und Außentemperatur analysiert werden. Die Windgeschwindigkeitsdaten sollten dabei als 10-Minuten-Mittelwerte vorliegen. Bei den Temperaturdaten reichen auch Stundenmittelwerte.

¹ Ausnahme: ENERCON Windenergieanlagen mit der Option STATCOM (Static Compensator) können unabhängig vom Wind jederzeit Blindleistung mit dem Netz austauschen, wodurch Wärme in den Umrichtern und im Transformator entsteht.

4 Generatorkühlung

Der Generator einer Windenergieanlage erzeugt im Betrieb Wärme und muss gekühlt werden. Die Kühlung des Generators erfolgt über Luftkühlung. Es gibt 2 Arten der Luftkühlung:

- Luftkühlung von innen
- Luftkühlung von außen

Bei der Luftkühlung von innen wird Luft durch Lüfter am Generator und durch Luftspalte am Gondelheck angesaugt und durch den Generator geleitet. Bei der Luftkühlung von außen wird der Generator durch den natürlichen Luftstrom an seiner Außenseite gekühlt.

4.1 Generatorkühlung von innen

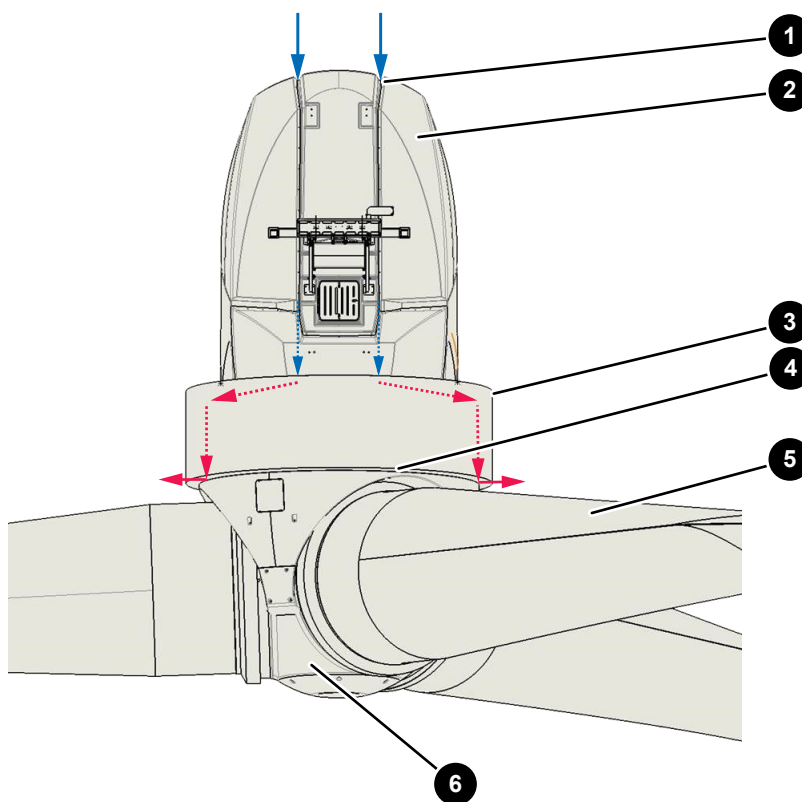


Abb. 1: Luftkühlung des Generators von innen

1	Luftspalt im Gondelheck	2	Maschinenhaus
3	Generator	4	Luftspalt zwischen Generator und Rotorkopf
5	Rotorblatt	6	Rotorkopf
→	kalte Luft	→	warme Luft

Am Generator sind 4 Lüfter (2x 2) montiert. Die Lüfter saugen Außenluft durch Luftspalte am Gondelheck an und leiten die Luft durch den Generator. Bei der Durchströmung des Generators wird die Wärme von Generator-Rotor und Generator-Stator an die Luft abgegeben und so der Generator gekühlt. Die warme Abluft wird über den Spalt zwischen dem Generator und dem Rotorkopf nach außen geleitet.

4.2 Generatorkühlung von außen

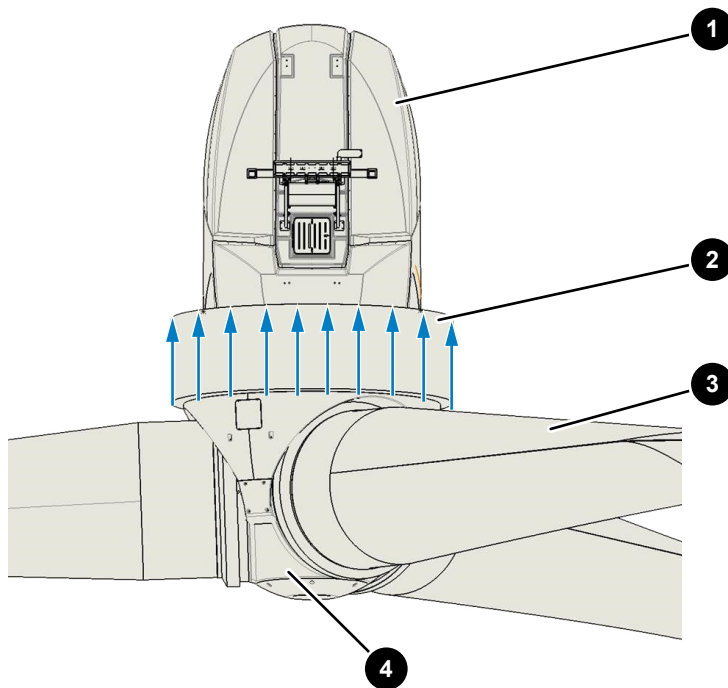


Abb. 2: Luftkühlung des Generators von außen

1	Maschinenhaus	2	Generator
3	Rotorblatt	4	Rotorkopf
→	Luftstrom		

Der Generator bildet zusammen mit den Rotorblättern, dem Rotorkopf, dem Maschinenhaus und dem Turm das äußere Erscheinungsbild der Windenergieanlage und ist den Einflüssen der Umwelt ausgesetzt. Dieser Umstand wird zur Kühlung des Generators genutzt.

Der Generator hat an seiner Außenseite Kühlrippen. Die Kühlrippen bilden eine große Oberfläche, die vom Wind umströmt wird. Die im Betrieb am Generator entstandene Wärme wird an diesen Luftstrom abgegeben. Somit sorgt der Wind, der die Rotorblätter antreibt, für eine natürliche Kühlung des Generators.

5 Turmkühlung

Im Turmfuß befinden sich Komponenten der Windenergieanlage, die dem Transformieren und Umrichten des vom Generator erzeugten Stroms dienen. Diese Komponenten erzeugen im Betrieb Wärme und müssen gekühlt werden. Die Wärme muss abgeführt werden.

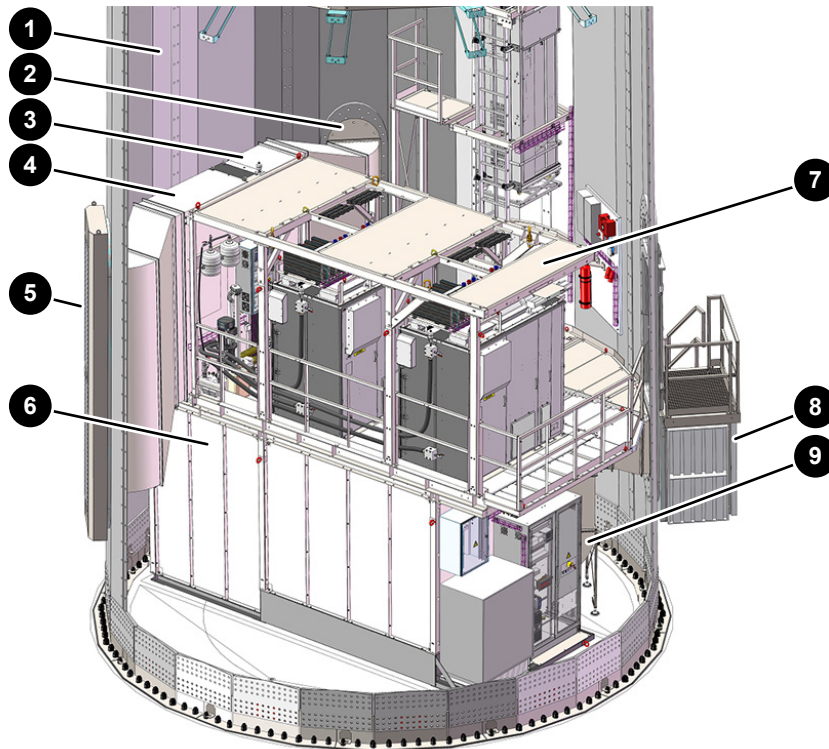


Abb. 3: Komponenten der Windenergieanlage im Turmfuß

1	modularer Stahlturm	2	Lufteinlass Cooling System Unit
3	Lufteinlasskanal Cooling System Unit	4	Luftauslasskanal
5	Luftauslass	6	Tower Base Module Bottom Unit (Transformator)
7	Tower Base Module Top Unit (Umrichter)	8	Lufteinlass Transformator
9	Lufteinlasskanal Transformator		

Die zu kühlenden Komponenten der Windenergieanlage im Turmfuß befinden sich im Tower Base Module. Das Tower Base Module besteht aus zwei Containern. Der untere Container ist die Bottom Unit. Der obere Container ist die Top Unit.



Abb. 4: Tower Base Module

1	Top Unit	2	Bottom Unit
---	----------	---	-------------

Die Bottom Unit enthält u. a. einen Transformator. Die Top Unit enthält u. a. 2 Umrichter.
Für die Komponenten im Turmfuß gibt es folgende Kühlsysteme:

- Flüssigkeitskühlung (für die Umrichter)
- Luftkühlung
 - Kühlung mit Außenluft (für den Transformator und die Kühlflüssigkeit)
 - Kühlung mit Luft aus dem Turminneren (für die Umrichter)

5.1 Flüssigkeitskühlung

Das Flüssigkeitskühlsystem ist ein geschlossenes Kühlsystem, bei dem die Umrichter mithilfe von Kühlflüssigkeit gekühlt werden. Die erwärmte Kühlflüssigkeit wird mithilfe Kühler Außenluft zurückgekühlt.

5.1.1 Bestandteile des Flüssigkeitskühlsystems

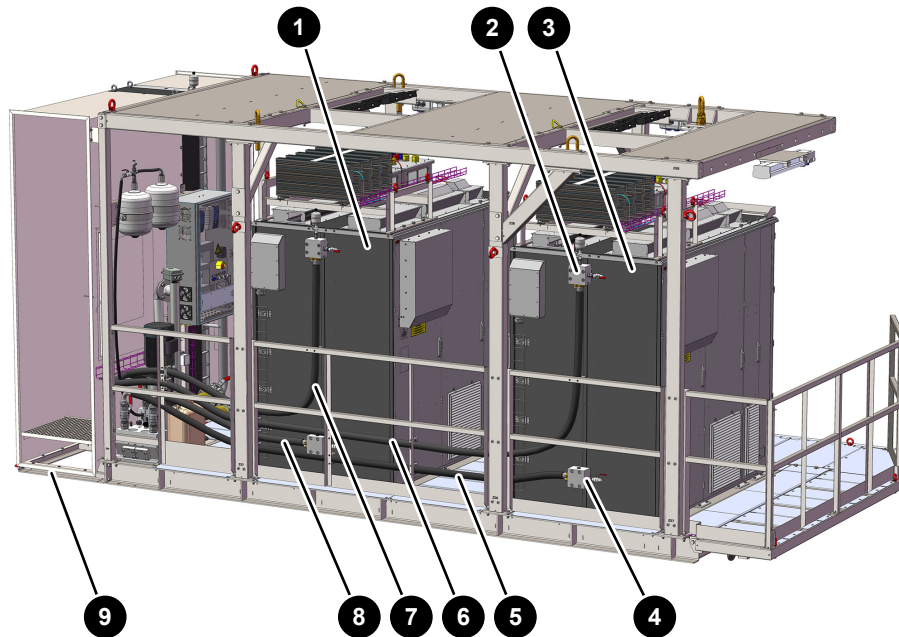


Abb. 5: Bestandteile des Flüssigkeitskühlsystems

1 Umrichter (Slave)	2 Ausgang Flüssigkeitskühlung (2x)
3 Umrichter (Master)	4 Eingang Flüssigkeitskühlung (2x)
5 Kühlmittleitung (kalt) zum Umrichter (Master)	6 Kühlmittleitung (warm) vom Umrichter (Master)
7 Kühlmittleitung (warm) vom Umrichter (Slave)	8 Kühlmittleitung (kalt) zum Umrichter (Slave)
9 Cooling System Unit	

Cooling System Unit

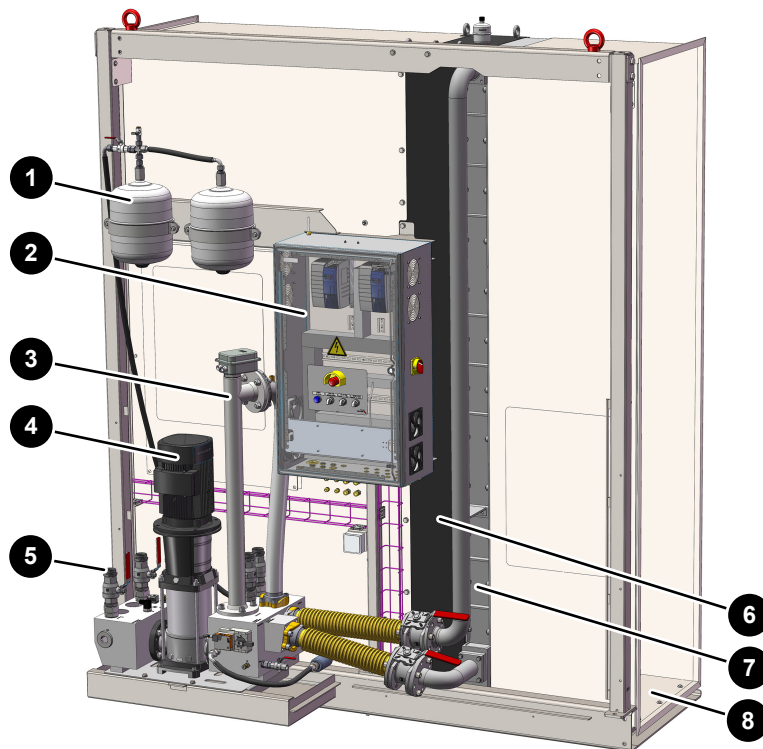


Abb. 6: Cooling System Unit

1	Ausgleichsbehälter (2x)	2	Cooling Control Box
3	Heizung	4	Kühlmittelpumpe
5	Anschlüsse Kühlmittleitungen (4x)	6	Lüftereinheit
7	Wärmetauscher	8	Lufteinlasskanal Cooling System Unit

Die Cooling System Unit vereint Teile und Baugruppen des Flüssigkeitskühlsystems und des Luftkühlsystems.

Ausgleichsbehälter

Druckveränderungen im geschlossenen Flüssigkeitskühlsystem werden durch die Ausgleichsbehälter ausgeglichen.

Cooling Control Box

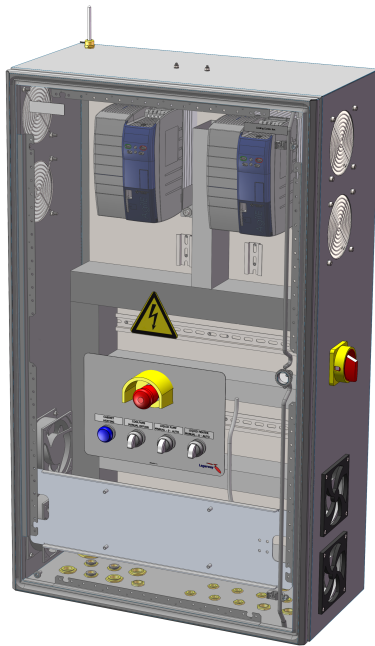


Abb. 7: Cooling Control Box

Die Cooling Control Box dient der Kontrolle und Steuerung der Lüfter im Turmfuß.

Heizung

Bei besonders kalten Umgebungsbedingungen wird die Kühlflüssigkeit mithilfe der Heizung erwärmt, um eine Taubildung der von der Kühlflüssigkeit durchflossenen Komponenten während des Startvorgangs zu verhindern.

Kühlmittleitungen

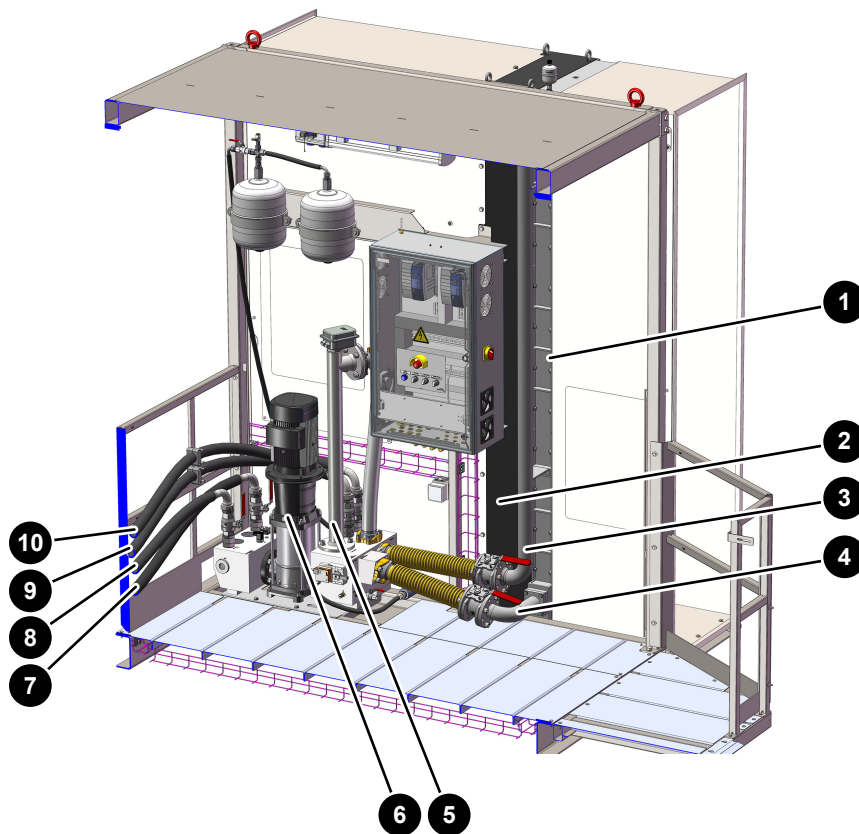


Abb. 8: Kühlmittleitungen an der Cooling System Unit

1	Wärmetauscher	2	Lüftereinheit
3	Kühlmittleitung (warm) zum Wärmetauscher	4	Kühlmittleitung (kalt) vom Wärmetauscher
5	Heizung	6	Kühlmittelpumpe
7	Kühlmittleitung (kalt) zum Umrichter (Master)	8	Kühlmittleitung (kalt) zum Umrichter (Slave)
9	Kühlmittleitung (warm) vom Umrichter (Master)	10	Kühlmittleitung (warm) vom Umrichter (Slave)

Die Kühlmittleitungen zu und von den Umrichtern werden in der Cooling System Unit nahe der Kühlmittelpumpe angeschlossen.

Kühlmittelpumpe

Die Kühlmittelpumpe sorgt für den Transport der Kühlflüssigkeit im Flüssigkeitskühlsystem.

Lüftereinheit

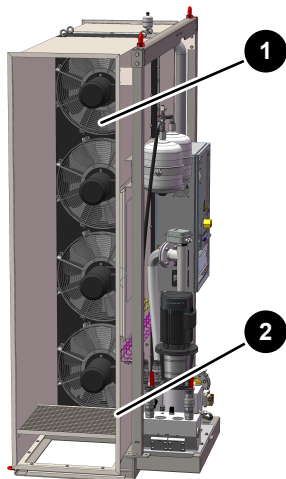


Abb. 9: Lüftereinheit der Cooling System Unit

1 Lüfter (4x)	2 Luftauslasskanal
---------------	--------------------

Die Lüftereinheit besteht aus 4 Lüftern, die einzeln drehzahlvariabel angesteuert werden können. Die Lüfter saugen kühle Außenluft durch den Lufterlasskanal Cooling System Unit an und leiten die Luft durch den Luftauslasskanal wieder nach außen. Die Lüfterstufen werden mithilfe der Cooling Control Box gesteuert.

Wärmetauscher

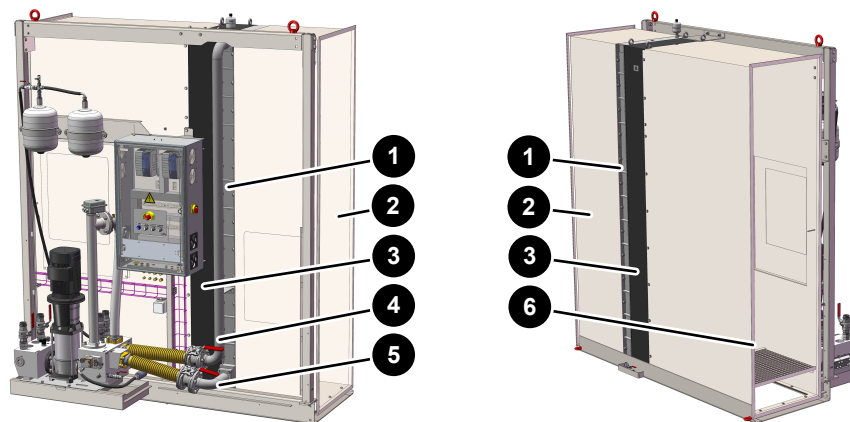


Abb. 10: Wärmetauscher der Cooling System Unit (Vorderseite und Rückseite)

1 Wärmetauscher	2 Lufterlasskanal Cooling System Unit
3 Lüftereinheit	4 Kühlmittleitung (warm) zum Wärmetauscher
5 Kühlmittleitung (kalt) vom Wärmetauscher	6 Luftauslasskanal

Der Wärmetauscher dient der Rückkühlung der Kühlflüssigkeit. Die von der Abwärme der Umrichter erwärmte Kühlflüssigkeit fließt durch den Wärmetauscher. Gleichzeitig strömt kühle Außenluft durch den Lufterlasskanal Cooling System Unit hinein und durch den Wärmetauscher hindurch. Der Luftstrom nimmt die Wärme der Kühlflüssigkeit auf und strömt durch den Luftauslasskanal hinaus. Die zurückgekühlte Kühlflüssigkeit fließt erneut zu den Umrichtern.

5.1.2 Fließrichtung der Kühlflüssigkeit im Kühlkreislauf

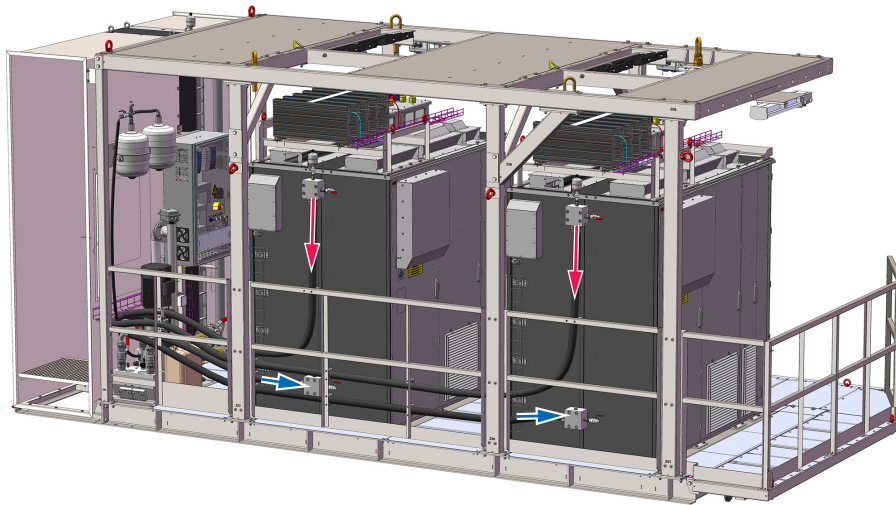


Abb. 11: Fließrichtung der Kühlflüssigkeit im Kühlkreislauf (Umrichter)

→ kalte Kühlflüssigkeit

→ warme Kühlflüssigkeit

Zur Kühlung der Umrichter pumpt die Kühlmittelpumpe die Kühlflüssigkeit durch das Schlauchleitungssystem zu den Umrichtern. Die Wärme der Umrichter wird an die Kühlflüssigkeit abgegeben. Die erwärmte Kühlflüssigkeit fließt zurück zur Cooling System Unit.

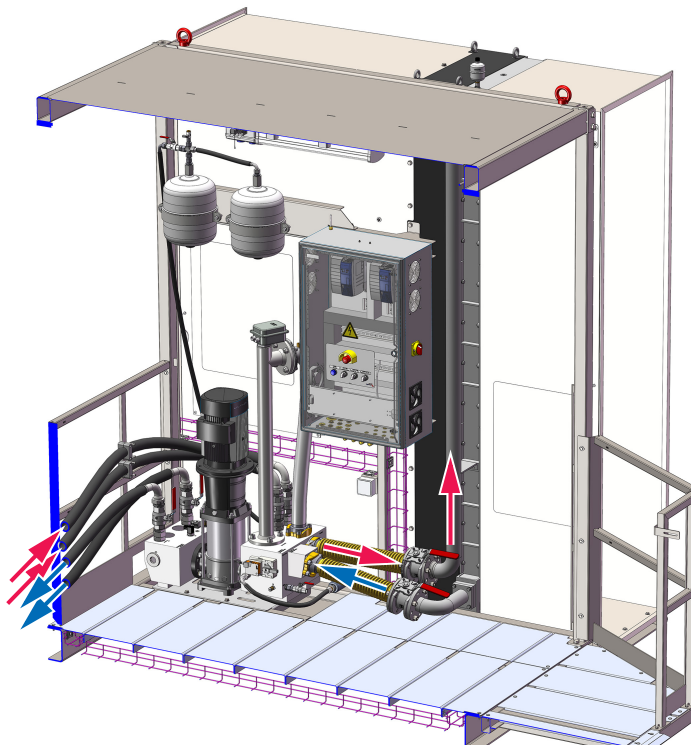


Abb. 12: Fließrichtung der Kühlflüssigkeit im Kühlkreislauf (Cooling System Unit)

→ kalte Kühlflüssigkeit

→ warme Kühlflüssigkeit

In der Cooling System Unit wird die erwärmte Kühlflüssigkeit zum Wärmetauscher gepumpt, wo sie mit drehzahlvariablen Lüftern und kühler Außenluft zurückgekühlt wird.

5.2 Luftkühlung

Die Luftkühlung mit Außenluft dient der Kühlung des Transformators und der Rückkühlung der Kühlflüssigkeit. Die Luftkühlung mit Luft aus dem Turminneren dient der Kühlung der Umrichter.

5.2.1 Kühlung mit Außenluft

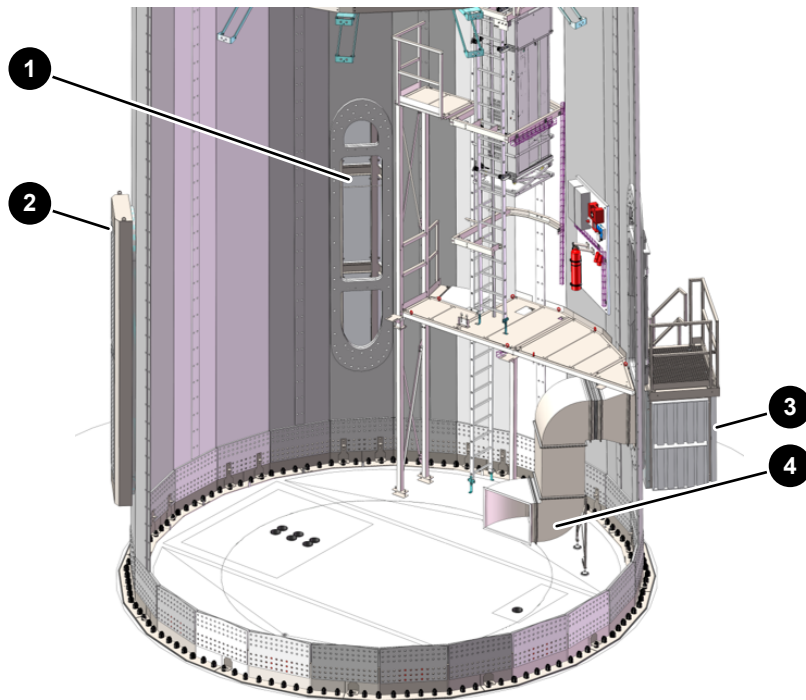


Abb. 13: Lufteinlässe und Luftauslass im Turm

1	Lufteinlass Cooling System Unit	2	Luftauslass
3	Lufteinlass Transformator	4	Lufteinlasskanal Transformator

Für die Kühlung mit Außenluft gibt es im Turm 2 Lufteinlässe und einen gemeinsamen Luftauslass.

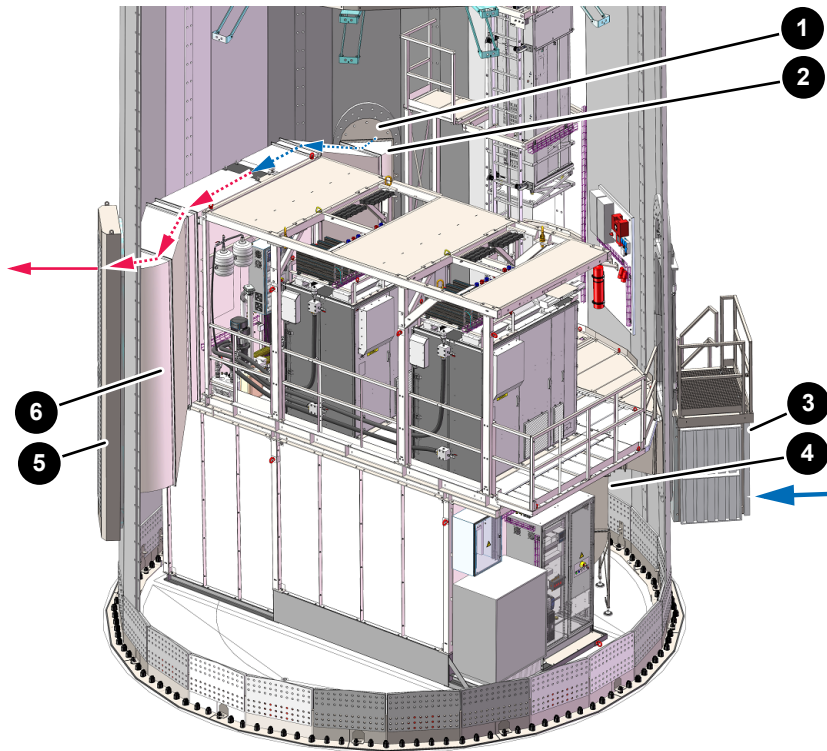


Abb. 14: Luftkanäle des Luftkühlsystems im Turmfuß

1	Lufteinlass Cooling System Unit	2	Lufteinlasskanal Cooling System Unit
3	Lufteinlass Transformator	4	Lufteinlasskanal Transformator
5	Luftauslass	6	Luftauslasskanal
	kalte Luft		warme Luft

Durch die beiden Lufteinlasskanäle wird kühle Außenluft angesaugt und zu den zu kühlenden Komponenten im Turmfuß geleitet. Die erwärmte Luft wird im Luftauslasskanal zusammengeführt und durch den gemeinsamen Luftauslass nach außen geleitet.

5.2.1.1 Außenluft zur Kühlung des Transformators

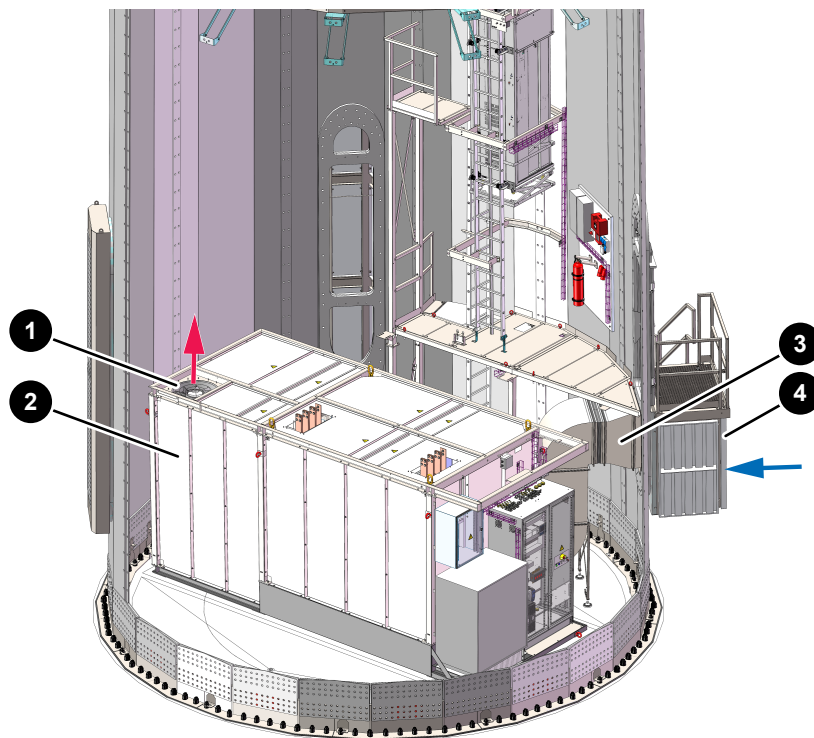


Abb. 15: Bottom Unit im Turmfuß

1	Lüfter Bottom Unit	2	Bottom Unit
3	Lufteinlasskanal Transformator	4	Lufteinlass Transformator
→	kalte Luft	→	warme Luft

An der Oberseite der Bottom Unit befindet sich ein Lüfter, der für den zur Kühlung notwendigen Luftstrom sorgt. Durch den Lufteinlass in der Turmwand und den Lufteinlasskanal Transformator wird Außenluft in die Bottom Unit gesaugt und am Transformator vorbei nach oben aus der Bottom Unit hinaus in den gemeinsamen Luftauslasskanal geführt.

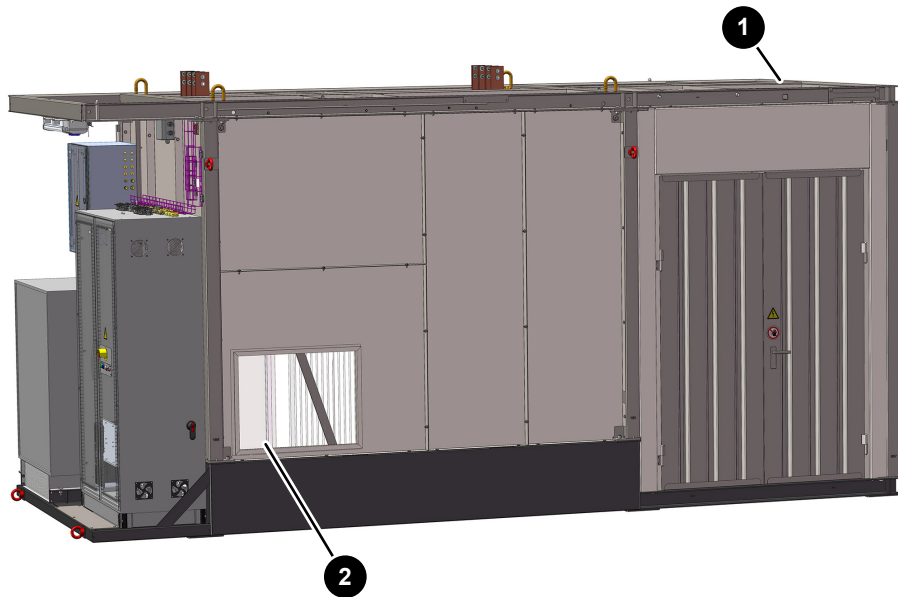


Abb. 16: Öffnung für Lufteinlasskanal Transformator

1	Position des Lüfters Bottom Unit	2	Öffnung für Lufteinlasskanal Transformator
---	----------------------------------	---	--

Im unteren Bereich der Bottom Unit befindet sich die Öffnung für den Anschluss des Lufteinlasskanals. Die kühle Außenluft strömt durch diese Öffnung in die Bottom Unit hinein.

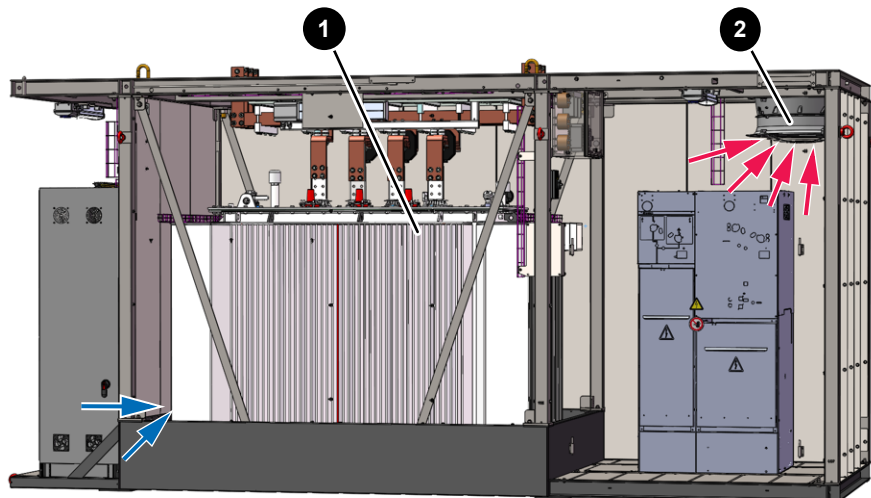


Abb. 17: Luftkühlung des Transformators

1	Transformator	2	Lüfter Bottom Unit
→	kalte Luft	→	warme Luft

In der Bottom Unit strömt die kühle Außenluft am Transformator vorbei und nimmt die Abwärme des Transformators auf. Der Transformator wird gekühlt. Die erwärmte Luft steigt nach oben.

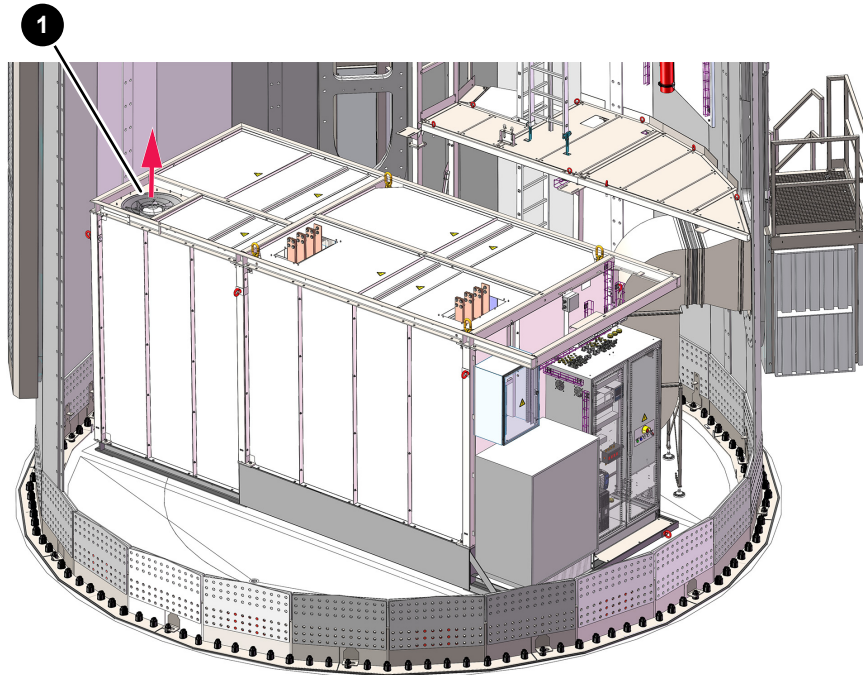


Abb. 18: Lüfter Bottom Unit

1 Lüfter Bottom Unit



warme Luft

Der Lüfter an der Oberseite der Bottom Unit leitet die erwärmte Luft in den Luftauslasskanal.

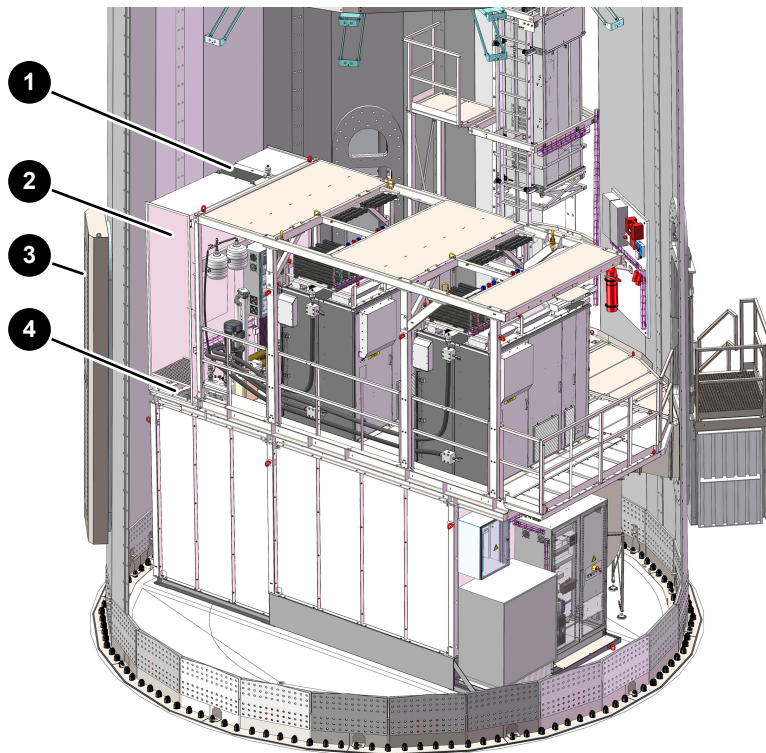


Abb. 19: Positionen der Lüfter im Tower Base Module

1	Lüftereinheit	2	Luftauslasskanal
3	Luftauslass	4	Lüfter Bottom Unit

Mithilfe des Luftstroms, den die vier drehzahlvariablen Lüfter der Lüftereinheit erzeugen, wird die Abwärme des Transformators durch den gemeinsamen Luftauslass in der Turmwand nach außen geführt.

5.2.1.2 Außenluft zur Kühlung der Kühlflüssigkeit

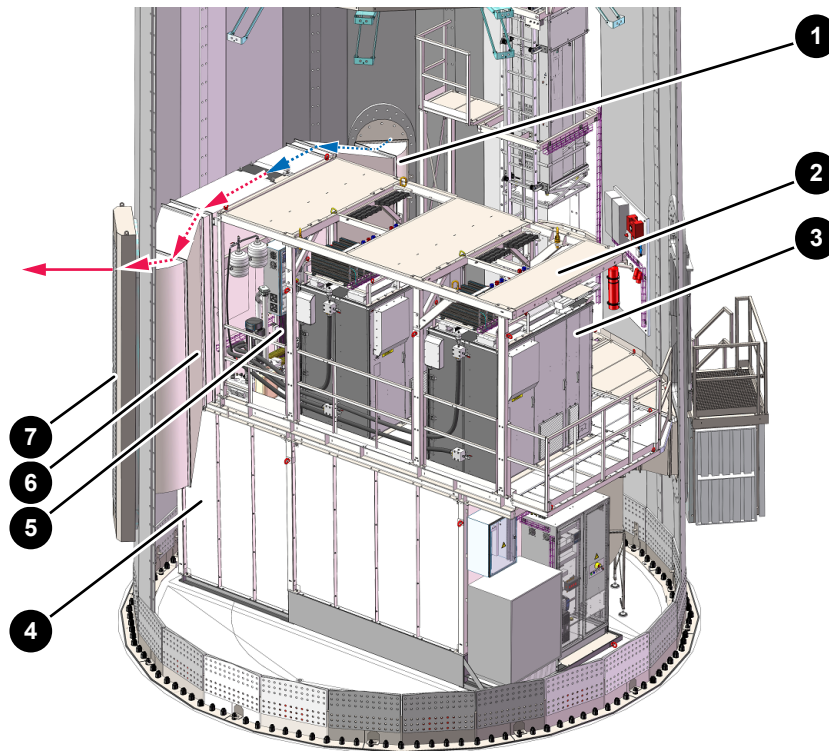


Abb. 20: Luftkühlung der Kühlflüssigkeit

1	Lufteinlasskanal Cooling System Unit	2	Top Unit
3	Umrichter (2x)	4	Bottom Unit
5	Cooling System Unit	6	Luftauslasskanal
7	Luftauslass	→	kalte Luft
→	warme Luft		

Die Kühlflüssigkeit des Flüssigkeitskühlsystems wird durch die Wärme der Umrichter erwärmt und muss gekühlt werden. Dies geschieht durch kühle Außenluft. Die kühle Außenluft nimmt die Wärme der Kühlflüssigkeit auf und wird aus dem Turm herausgeleitet.

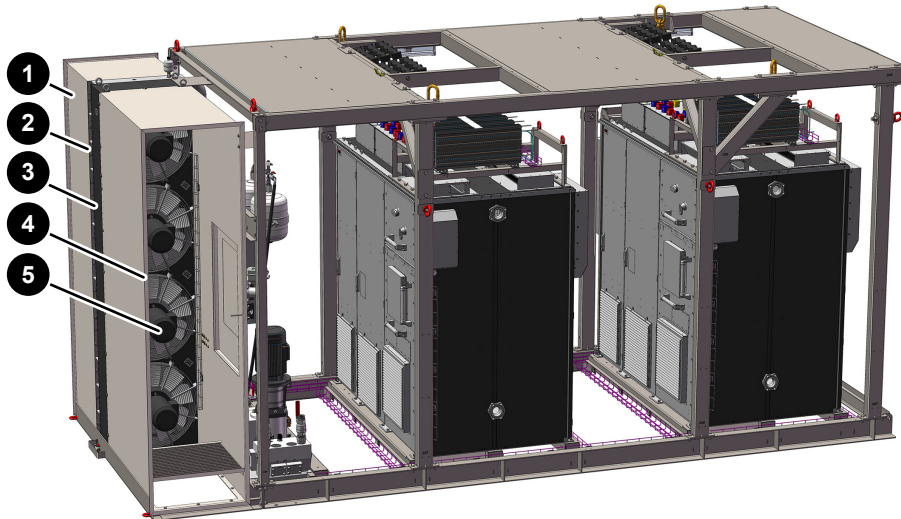


Abb. 21: Lüftereinheit im Luftkanal der Top Unit

1	Lufteinlasskanal Cooling System Unit	2	Wärmetauscher
3	Lüftereinheit	4	Luftauslasskanal
5	Lüfter (4x)		

Die drehzahlvariablen Lüfter der Lüftereinheit saugen kühle Außenluft durch den Lufteinlasskanal Cooling System Unit an. Die kühle Außenluft strömt durch den Wärmetauscher und kühlt die Kühlflüssigkeit. Die erwärmte Luft strömt durch den Luftauslasskanal nach außen.

Der Betrieb der Lüfter im Turmbereich wird über 2 Lüfterstufen gesteuert:

- Stufe 1: Die Lüfter sind nur teilweise oder mit reduzierter Drehzahl aktiv.
- Stufe 2: Alle Lüfter laufen mit maximaler Drehzahl.

In der Anlagensteuerung sind Schwellenwerte hinterlegt. Sobald ein Schwellenwert erreicht ist, werden ein oder mehrere Lüfter angesteuert.

5.2.2 Kühlung mit Luft aus dem Turminneren

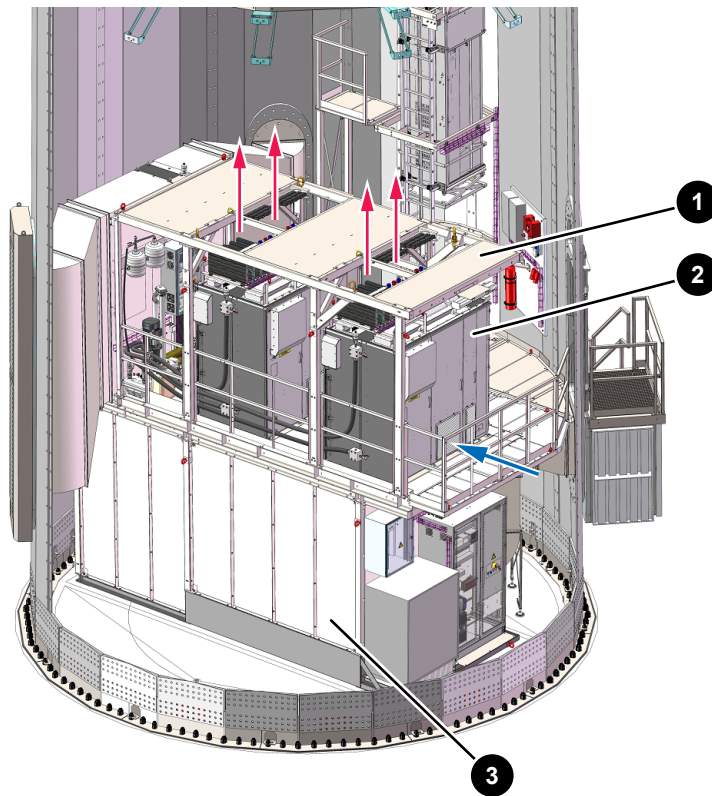




Abb. 22: Luftkühlung der Umrichter

1	Umrichter (2x)	2	Top Unit
3	Bottom Unit		kalte Luft
	warme Luft		

Die Umrichter werden zu etwa 80 % mithilfe des Flüssigkeitskühlsystems gekühlt. Zusätzlich werden die Umrichter mit Luft aus dem Turminneren gekühlt. Die kühle Luft aus dem unteren Bereich des Turms wird durch Lüftungsschlitze unten an den Umrichtern angesaugt. Die warme Luft wird oben aus den Umrichtern herausgeleitet. Die Abwärme verbleibt im Turminneren und wird über die Stahlwände diffundiert.

6 Kühlflüssigkeit

Als Kühlflüssigkeit dient ein Wasser-Ethandiol-Glykol-Gemisch (GLYSANTIN G30 pink). Das Flüssigkeitskühlsystem der Umrichter wird vollständig im Produktionswerk befüllt. Das Nachfüllen von Kühlflüssigkeit nach einem Defekt erfolgt durch geschultes Fachpersonal.

Die folgende Tabelle zeigt die verwendeten Mengen von GLYSANTIN G30 pink in den Windenergieanlagen mit Flüssigkeitskühlung:

Tab. 1: Kühlmittel GLYSANTIN G30 pink in Windenergieanlagen

Windenergieanlagentyp	Kühlmittelmenge	Art der Flüssigkeitskühlung
E-136 EP5, E-147 EP5, E-147 EP5 E2, E-160 EP5, E-160 EP5 E2	220 l	Flüssigkeitskühlung Umrichter

6.1 Sicherheitsvorrichtungen

Drucküberwachung

Das Flüssigkeitskühlsystem der Umrichter ist mit Druckausgleichsbehältern und einem Drucksensor ausgestattet. Der Drucksensor überwacht den Druck im Kühlkreislauf. Sobald der Druck unter den Solldruck fällt, wird eine Warnmeldung durch die Anlagensteuerung generiert und an die zuständige Stelle weitergeleitet.

Bei einem Defekt oder Ausfall des Drucksensors wird ebenfalls eine Warnmeldung generiert und an die zuständige Stelle weitergeleitet. Defekte Sensoren werden ausgetauscht.

Temperaturüberwachung

Die Temperaturen aller relevanten Komponenten und die Temperatur der Kühlflüssigkeit werden kontinuierlich gemessen. Ausgleichsbehälter gleichen die temperaturbedingten Druckschwankungen der Kühlflüssigkeit im Normalbetrieb aus.

Im Flüssigkeitskühlsystem im Turm wird mithilfe der drehzahlvariablen Lüfter am Wärmetauscher eine gleichmäßige Temperatur der Kühlflüssigkeit erreicht.

Bei Überschreitung der eingestellten Maximaltemperaturen wird die Anlagenleistung bzw. die Generatorleistung gedrosselt und eine Warnmeldung erzeugt.

6.2 Inspektion

1x jährlich kontrolliert geschultes Fachpersonal das Flüssigkeitskühlsystem auf folgende Punkte:

- Geräusche der Kühlmittelpumpe
- Geräusche der Ventilatoren
- Zustand der Kühlmittleitungen (Beschädigungen)
- Druck des Flüssigkeitskühlsystems (Dichtigkeit)
- Leckagen (Sichtkontrolle)

Des Weiteren wird bei der jährlichen Inspektion eine Probe der Kühlflüssigkeit genommen und in einem von ENERCON anerkannten Labor analysiert.

6.3 Unbeabsichtigte Freisetzung von Kühlflüssigkeit

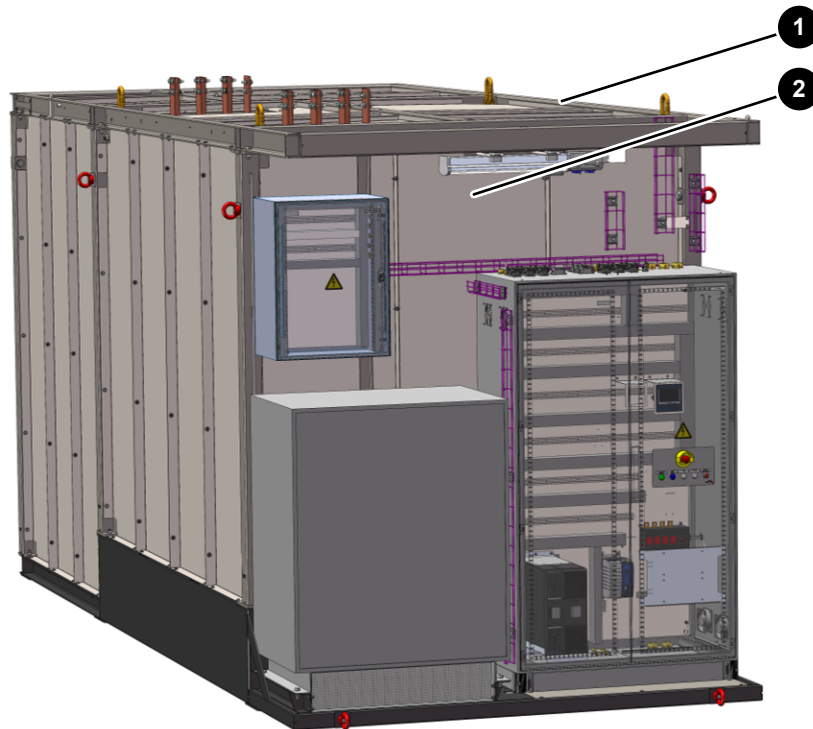


Abb. 23: Auffangwanne für Kühlflüssigkeit

1	Auffangwanne	2	Bottom Unit
---	--------------	---	-------------

Bei einer Leckage wird die Kühlflüssigkeit der Umrichter von einer Auffangwanne unter den Umrichtern aufgefangen, die im Dach der Bottom Unit integriert ist. Der Drucksensor des Flüssigkeitskühlsystems erzeugt eine Warnmeldung, sobald der Druck im Flüssigkeitskühlsystem unter den Solldruck fällt. Dadurch wird ein Auslaufen größerer Mengen verhindert. Eine fachgerechte Entsorgung der Kühlflüssigkeit wird beauftragt.

7 Schutz vor Staub und Sand

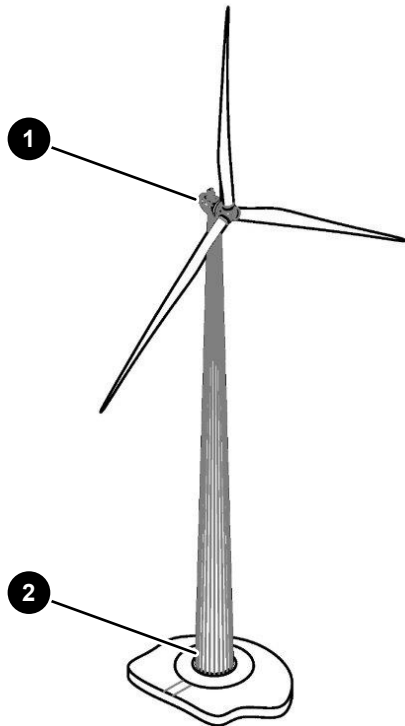


Abb. 24: Positionen der Luftfilter

1	Rückseite der Gondel
---	----------------------

2	Turmfuß (2x)
---	--------------

Beim Ansaugen von Außenluft können Staub und Sand in die Windenergieanlage eindringen. An den Lufteinlässen sind Luftfilter verbaut, um das Eindringen von Staub und Sand in die Windenergieanlage zu verringern.

Fachwortverzeichnis

Blattverstelleinheit	Die Blattverstelleinheit ermöglicht die Verstellung des Winkels eines Rotorblatts. Sie besteht aus Blattregelschrank, Blattrelais-schrank, Blattverstellantrieb (Einheit aus Motor und Getriebe) sowie Blattflanschlager.
Blindleistung	Elektrische Leistung, die zwischen Erzeuger und Verbraucher im Netz hin- und herpendelt. Sie belastet das Netz, ohne tatsächlich verbraucht zu werden. Blindleistung entsteht durch induktive und kapazitive Verbraucher, z. B. Elektromotoren, in einem mit Wechsel- bzw. Drehstrom betriebenen Netz durch die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung. Kraftwerke müssen daher Blindleistung zusätzlich zur Wirkleistung zur Verfügung stellen und aufnehmen können.
ENERCON SCADA System	System zur Datenerfassung, Fernüberwachung, Steuerung und Regelung von Windenergieanlagen, sowohl einzeln als auch in Windparks. Das ENERCON SCADA System bietet dem Kunden und dem ENERCON Service die Möglichkeit, Betriebszustände zu überwachen und gespeicherte Betriebsdaten auszuwerten. Zudem können zugriffsberechtigte Nutzer die Betriebsparameter der Windenergieanlagen und der Verbindung zum elektrischen Netz ändern. Je nach Anwendung beinhaltet das ENERCON SCADA System weitere Optionen, die eine Regelung auf Sollgrößen (z. B. Wirkleistung) ermöglichen.
Generator-Rotor	Drehender Teil des Generators, in dem das zur Stromerzeugung erforderliche Magnetfeld aufgebaut wird.
Generator-Stator	Feststehender Teil des Generators, in dem durch das Magnetfeld des rotierenden Generator-Rotors elektrischer Strom induziert wird.
Not-Halt	Handlung, die dazu bestimmt ist, eine Bewegung, die gefährlich geworden ist, so schnell wie möglich anzuhalten (gemäß IEC 60050-826:2004 (826-17-04)).
STATCOM	Statischer Blindleistungskompensator zur Kompensation von Blindleistung in elektrischen Energieübertragungsnetzen.
Transformator	Gerät, das zwei Wechselstromkreise unterschiedlicher Spannung miteinander verbindet, indem es die Eingangsspannung des einen Wechselstromkreises in eine Ausgangsspannung des anderen Wechselstromkreises umwandelt. Dabei kann die Spannung je nach Bedarf erhöht oder gesenkt werden.
Umrichter	Ein Umrichter ist ein Stromrichter, der je nach Bedarf ohne Umbauten als Gleichrichter, als Wechselrichter oder zur Umwandlung von Wechselspannungen verschiedener Frequenzen ineinander dienen kann. Dies erfolgt mithilfe von Leistungselektronik und damit im Gegensatz zum Umformer ohne mechanische Zwischenstufe.

Stichwortverzeichnis

A

Ausgleichsbehälter	14
Außenluft	9

B

Betriebstemperatur	6
Bottom Unit	11

C

Condition Monitoring	6
----------------------------	---

E

ENERCON SCADA System	7
extreme Betriebsbedingung	8
extreme Standortbedingungen	8

F

Fehlermeldung	6
Fehlerstufe	6

G

Gondelheck	9
------------------	---

H

Heizung	15
---------------	----

K

Kühlmittleitung	16
Kühlmittelpumpe	16
Kühlrippe	10

L

Luftauslass	19
Lufteinlass	19
Lüftereinheit	17
Luftstrom	10

M

Maschinenhaus	10
maximale Ausgangsleistung	7

R

Ringgenerator	6
Rotorkopf	10

T	
Temperatur	8
Top Unit	11
Tower Base Module	11
W	
Wärmetauscher	17
Warnmeldung	6
Warnstufe	6
Z	
Zustandsüberwachung	6