

Für die Windenergieanlange (WEA)  
**gültig für alle Windenergieanlagen  
der eno energy systems GmbH**

eno energy systems GmbH  
Swienschuhlenstraße 5  
18147 Rostock  
Tel.: (+49) (0)381 203792-0  
Fax.: (+49) (0)381 203792-101  
info@eno-energy.com  
www.eno-energy.com

<b>Revision</b>	<b>3</b>
<b>Dokument</b>	<b>eno_wtg_Maßnahmen_bei_Eisansatz_de_rev3.docx</b>

<b>Autor:</b> Gunar Freese	<b>Bearbeiter:</b> Simon Wittkopf	<b>Freigabe:</b> Robin Ahrens
		<b>GENEHMIGT</b> <i>Von Robin Ahrens , 16:34, 31.03.2017</i>
<b>Ort, Datum</b>	<b>Ort, Datum</b>	<b>Ort, Datum</b>
Rostock, den 10.07.2009	Rostock, den 31.03.2017	Rostock, den 31.03.2017

Technische Änderungen vorbehalten – Keine automatische Aktualisierung

<b>Autor:</b>	<b>Revision:</b>	<b>Projekt:</b>	<b>Einstufung:</b>	<b>Seite:</b>
Gunar Freese	3	eno_wtg		1 von 7

**Vermerk zur Aktualisierung**

Das Dokument – *eno\_wtg\_Maßnahmen\_bei\_Eisansatz\_de\_rev3.docx* – unterliegt keiner automatischen Aktualisierung und dient lediglich der Information.

Durch Produktentwicklung und Optimierung können sich Inhalte des Dokumentes, ohne vorherige Ankündigung, ändern.

Jeder Nutzer des Dokumentes hat eigenverantwortlich sicher zustellen, dass er die jeweils aktuelle und gültige Ausgabe des Dokumentes nutzt.

**Schutzvermerk entsprechend ISO 16016****Copyright © 2017 eno energy systems GmbH**

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokumentes – *eno\_wtg\_Maßnahmen\_bei\_Eisansatz\_de\_rev3.docx*, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster-, oder Geschmacksmustereintragung vorbehalten.

---

Technische Änderungen vorbehalten – Keine automatische Aktualisierung

Autor:	Revision:	Projekt:	Einstufung:	Seite:
Gunar Freese	3	eno wtg		2 von 7

### Änderungsverlauf

Rev.	Datum	Name	Änderungen
0	10.07.09	Gunar Freese	Dokument erstellt
1	26.04.10	Henri Wasnick	Verweis Gutachten TÜV Nord/ Anhang
2	02.04.2012	Stefan Bockholt	Verallgemeinerung auf alle Maschinen der eno energy systems GmbH. Detaillierung der internen Eisansatzerkennung. Detaillierung der Blattschwingungsüberwachung.
3	31.03.2017	Simon Wittkopf	Alle Seiten – Layoutanpassung, kleine Korrekturen Seite 4 – Gültigkeit hinzugefügt

### Inhaltsverzeichnis

1	Gültigkeit .....	4
2	Einleitung.....	4
3	Allgemeine Erläuterungen.....	4
4	Maschineninterne Methoden zur Eiserkennung.....	5
4.1	Überwachung der Leistungskurve .....	5
4.2	Vibrationsüberwachung .....	5
5	Zusatzmodule.....	6
5.1	Eissensor (Labkotec).....	6
5.2	Bestimmung der Blattmasse mittels Eigenfrequenzüberwachung (Bosch BLADEcontrol).....	6

Technische Änderungen vorbehalten – Keine automatische Aktualisierung

Autor:	Revision:	Projekt:	Einstufung:	Seite:
Gunar Freese	3	eno_wtg		3 von 7

## 1 Gültigkeit

Dieses Dokument ist für den (die) folgenden Windenergieanlagentyp(en) der eno energy systems GmbH gültig:

- eno 82 (alle Nabenhöhen)
- eno 92 (alle Nabenhöhen)
- eno 100 (alle Nabenhöhen)
- eno 114 (alle Nabenhöhen)
- eno 126 (alle Nabenhöhen)

## 2 Einleitung

Das vorliegende Dokument beschreibt prinzipiell die Einrichtungen an Windenergieanlagen (WEA) der eno energy systems GmbH zur Detektion von Eisansatz an den Rotorblättern. Die Erkennung von Eisansatz dient zum einen dem Schutz der Maschine vor übermäßigen Belastungen durch gewichtsbedingte und aerodynamische Unwuchten und zum anderen dem Schutz von Personen, welche sich evtl. im Umfeld der Maschine aufhalten. Hierbei gilt ein Bereich von weniger als 1,5-mal der Summe aus Nabenhöhe und Rotordurchmesser als gefährdender Bereich durch herabfallendes Eis.

## 3 Allgemeine Erläuterungen

Es ist zu beachten, dass das von den Rotorblättern sich lösende Eis entsprechend der Windrichtung und Windgeschwindigkeit abgetrieben wird.

Sofern nicht ausgeschlossen werden kann, dass sich Personen oder Objekte, z. B. öffentliche Straßen, in einer geringeren Entfernung von der WEA befinden als vorstehend beschrieben, muss die WEA stillgesetzt werden, wenn bei entsprechender Wetterlage die Gefahr einer Vereisung der Rotorblätter besteht.

Unabhängig von der Methodik der Eisansatzerkennung sollte im Bereich um die WEA durch entsprechende Beschilderung auf die Gefahr durch Eisabwurf hingewiesen werden.

Technische Änderungen vorbehalten – Keine automatische Aktualisierung

Autor:	Revision:	Projekt:	Einstufung:	Seite:
Gunar Freese	3	eno wtg		4 von 7

## 4 Maschineninterne Methoden zur Eiserkennung

Die in Folgenden beschriebenen Methoden „Überwachung der Leistungskurve“ und „Vibrationsüberwachung“ sind standardmäßig auf dem Maschinencontroller integriert und laufen permanent im Hintergrund. Eine zusätzliche Aktivierung oder Parametrierung ist nicht erforderlich.

### 4.1 Überwachung der Leistungskurve

Bilden sich während des Betriebes Eisschichten an den Rotorblättern, wird das Auftriebsverhalten der Rotorblätter stark negativ beeinflusst und das Verhältnis der abgegebenen Wirkleistung zur Windgeschwindigkeit sinkt.

Dieser Zustand wird innerhalb der Maschinensteuerung durch einen Soll-Ist-Vergleich mit der hinterlegten Leistungskurve erkannt. Der Vergleich der Leistungsdaten erfolgt anhand von 10 Min.-Mittelwerten innerhalb der Steuerung.

Liegen die aktuell gemessenen Leistungsbeiwerte unterhalb der normalen Sollwerte, wird ein Stopp der Maschine eingeleitet. Über einen Vergleich mit der Außentemperatur erfolgt dann zusätzlich die Plausibilisierung auf Eisansatz. Liegt die Außentemperatur unter +4°C, wird die Abweichung von der Sollwertkurve als Eisansatz erkannt. Ein Starten der Maschine ist dann nur bei Temperaturen über +4°C oder nach erfolgter Inspektion vor Ort möglich. Die Temperatur wird mittels eines Außentemperatursensors auf der Gondel dauerhaft überwacht.

**Es ist zu beachten, dass diese Methodik zur Eisansatzerkennung vorrangig dem Maschinenschutz dient und diesen Aspekt auch vollumfänglich erfüllt. Sie ersetzt nicht behördliche Auflagen für eine zusätzliche Eiserkennung mittels Eissensorik in besonders exponierten Gebieten. Zur Erfüllung behördlicher Auflagen sind zusätzliche externe Module erforderlich, welche als Option erhältlich sind.**

### 4.2 Vibrationsüberwachung

Zusätzlich zur Überwachung der Leistungskurve werden in den WEA der eno energy systems GmbH rotordrehfrequente Vibrationen zur Unwuchterkennung überwacht. Sollte es zu einer unzulässigen Unwucht am Rotor kommen, wird die Maschine durch einen automatischen Stopp stillgesetzt.

Liegt die Außentemperatur hierbei unter +4°C, wird die Unwucht als Eisansatz erkannt. Ein Starten der Maschine ist dann nur bei Temperaturen über +4°C oder nach erfolgter Inspektion vor Ort möglich. Die Temperatur wird mittels eines Außentemperatursensors auf der Gondel dauerhaft überwacht.

**Es ist zu beachten, dass diese Methodik zur Eisansatzerkennung vorrangig dem Maschinenschutz dient und diesen Aspekt auch vollumfänglich erfüllt. Sie ersetzt nicht behördliche Auflagen für eine zusätzliche Eiserkennung mittels Eissensorik in besonders**

Technische Änderungen vorbehalten – Keine automatische Aktualisierung

Autor:	Revision:	Projekt:	Einstufung:	Seite:
Gunar Freese	3	eno wtg		5 von 7

**exponierten Gebieten. Zur Erfüllung behördlicher Auflagen sind zusätzliche externe Module erforderlich, welche als Option erhältlich sind.**

## 5 Zusatzmodule

Für besonders exponierte Gebiete, in denen eine Gefährdung von Personen, z.B. durch Publikumsverkehr oder angrenzende, öffentliche Straßen wahrscheinlich ist, müssen WEA der eno energy systems GmbH mit Zusatzmodulen zur frühen und sicheren Eisansatzerkennung ausgestattet werden. Diese Module verfügen über eine Zertifizierung und entsprechende behördliche Zulassung für diesen Einsatzzweck. Sie erfüllen somit auch behördliche Auflagen zum Stillsetzen der Maschine bei wahrscheinlichem Eisansatz.

### 5.1 Eissensor (Labkotec)

Bei diesem System wird ein Eissensor auf der Gondel installiert. Der Sensor misst die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit der Umgebung. Werden bestimmte Grenzwerte überschritten, die vom Deutschen Wetterdienst festgelegt werden, wird die WEA durch den Betriebsführungsrechner gestoppt. Die WEA kann nur manuell und nach einer Inspektion vor Ort wieder gestartet werden. Das heißt ein Wiedereinschalten der WEA durch Fernwirkung ist nicht möglich. Erst nach visueller Prüfung auf fehlenden Eisansatz vor Ort ist die WEA wieder in Betrieb zu nehmen. Somit ist gesichert, dass die Anlage nicht selbständig wieder anläuft. Ein Wegschleudern von Eis ist somit ausgeschlossen. Die Stillsetzung und der Wiederanlauf der WEA werden im Fehlerprotokoll der Steuerung erfasst und stehen zum späteren Nachweis zur Verfügung.

### 5.2 Bestimmung der Blattmasse mittels Eigenfrequenzüberwachung (BLADEcontrol)

Bei diesem System werden mittels Beschleunigungssensoren die Blatteigenfrequenzen direkt im Rotorblatt überwacht und mit hinterlegten (angelernten) Sollwerten verglichen. Sollten sich diese Eigenfrequenzen unzulässig verschieben, erfolgt eine Warnung an den Maschinencontroller, welcher daraufhin die Maschine stillsetzt.

Eisansatz an den Rotorblättern führt durch Massenzuwachs zu einer solchen Verschiebung der Rotorblatteigenfrequenzen. Wird ein Stopp der Maschine durch derartige Frequenzverschiebungen ausgelöst und die Außentemperatur liegt unter +4°C, schließt der Turbinencontroller auf Eisansatz und setzt die Maschine mit entsprechender Fehlermeldung still. Die Temperatur wird mittels eines Außentemperatursensors auf der Gondel dauerhaft überwacht.

Da die beschriebenen Eigenfrequenzen auch bei Stillstand der Maschine erfasst werden, erkennt dieses System, im Vergleich zu herkömmlichen Systemen, eine Enteisung der Rotorblätter ohne zusätzliche visuelle Inspektion vor Ort. Somit kann die Maschine automatisch wieder Anlaufen, sobald

Technische Änderungen vorbehalten – Keine automatische Aktualisierung

Autor:	Revision:	Projekt:	Einstufung:	Seite:
Gunar Freese	3	eno wtg		6 von 7

kein Eis mittels der Frequenzerfassung mehr erkannt wird. Dieses Verfahren ist behördlich zugelassen und zertifiziert.

Neben der sicheren Eisansatzerkennung und der Möglichkeit des automatischen Anlaufes, bietet das System der Eigenfrequenzüberwachung zusätzlich eine dauerhafte Überwachung auf unzulässige Rotorblattschwingungen. Defekte an Rotorblättern können somit rechtzeitig erkannt werden. Eine statistische Auswertung der Schwingungsdaten im Rahmen eines Blatt-CMS ist ebenfalls optional möglich.

Technische Änderungen vorbehalten – Keine automatische Aktualisierung

Autor:	Revision:	Projekt:	Einstufung:	Seite:
Gunar Freese	3	eno wtg		7 von 7

