

GEFRORENES RISIKO

EISFALL BEI WINDENERGIEANLAGEN

06.11.2024 32. Windenergietage, Linstow

Kevin Gutbrod

Eisfall bei Windenergieanlagen

Gliederung

- I. Notwendigkeit von Eisfallgutachten
- II. Eisfall vs. Eiswurf
- III. Eiserkennung + Rotorblattheizung
- IV. Entstehung von Eis an Windenergieanlagen
- V. Einflussfaktoren auf die maximale Fallweite und Anzahl der Eisstücke
- VI. Maximale Fallweite in verschiedenen Regionen
- VII. Eisfallrisiko im Vergleich
- VIII. Eingangsdaten für Eisfallgutachten
- IX. Zusammenfassung

Eisfall bei Windenergieanlagen

Notwendigkeit von Eisfallgutachten

- → WEA werden immer häufiger in der Nähe von Straßen, Parkplätzen oder Industriegebieten gebaut
 - Behörden fordern seit neuestem immer häufiger ein Eisfallgutachten, um die vollständige Genehmigung zu erhalten

- → Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmung des DIBt:
 - „Abstände, gemessen von der Turmachse, $>1,5 \times$ (Rotordurchmesser + Nabenhöhe) gelten im Allgemeinen in nicht besonders eisgefährdeten Regionen als ausreichend“

Anlagentyp	Enercon E-82	Vestas V136	GE 5.5-158	SG 6.6-170	Nordex N175 6.X
Nabenhöhe [m]	78	132	150	165	179
Prüfbereich [m]	240	402	462	503	531

Eisfall bei Windenergieanlagen

Eisfall vs. Eiswurf

- → Eisfall: Eisstücke, die sich von einer stehenden bzw. im Trudelbetrieb befindlichen Windenergieanlage ablösen. Die Fallweite wird im Wesentlichen durch die Windrichtung und die Windgeschwindigkeit beeinflusst.

- → Eiswurf: Eisstücke, die sich während des Betriebes einer Windenergieanlage ablösen. Die Fallweite wird im Wesentlichen durch die Drehzahl der Windenergieanlage beeinflusst.

Eisfall bei Windenergieanlagen

Eiserkennung + Rotorblattheizung

- → Zur Gewährleistung der Sicherheit von Anlage und ihrer Umgebung wird von der Behörde die Vermeidung von Eiswurf vorgeschrieben
 - Eiserkennungssysteme an allen Windenergieanlagen notwendig

- → Arten von Eiserkennungssystemen
 - Gondelbasiert
 - Leistungskurvenbasiert
 - Rotorblattbasiert

- → Rotorblattheizungen sind zur Verringerung der Stillstandszeiten durch Eisansatz konzipiert
 - Keine Verhinderung von Eisfall oder Eiswurf

Eisfall bei Windenergieanlagen

Beispielbilder



Quelle: "Emilie Claussen Iversen, Sedsel Fretheim Thomassen, John Magne Gitmark, "How turbine design may reduce ice fall risks for personnel" 26.08.2024



Quelle: "Winterwind days 2024 Kjeller VINDTEKNIKK Part of Norconsult" 26.08.2024

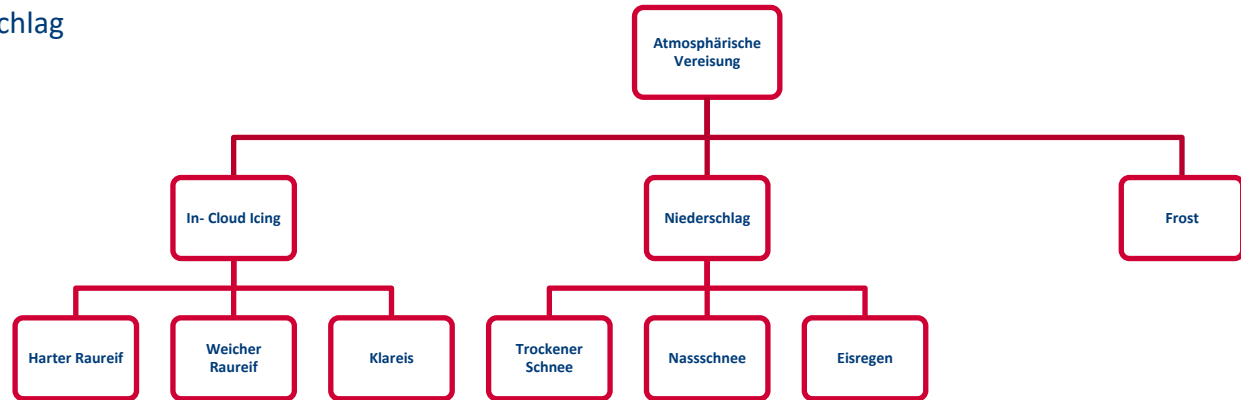
Eisfall bei Windenergieanlagen

Entstehung von Eis an Windenergieanlagen

- → Eis = kristallines Wasser, welches sich bei $\leq 0^{\circ}\text{C}$ bildet

- → Drei Vereisungsarten:

- Eisbildung aus Wolken und Nebel
- Eisbildung aus Niederschlag
- Eisbildung durch Reif



Eisfall bei Windenergieanlagen

Entstehung von Eis an Windenergieanlagen

- → In-Cloud Icing

- Am häufigsten auftretende Vereisungsform bei WEA
- Vereisung am Rotorblatt durch unterkühlte Wassertropfen aus Wolken und Nebel
- Temperatur muss $< 0^{\circ}\text{C}$ liegen + Wolkengrenze unter der Gesamthöhe der Anlage
- Oberflächentemperatur des Rotorblattes liegt unter Reifpunkt → Direkter Wechsel von gasförmigem zu festem Aggregatzustand



Quelle: "meteotest" 31.10.2024

Eisfall bei Windenergieanlagen

Entstehung von Eis an Windenergieanlagen

- → Vereisung durch Niederschlag

→ Nassschnee

- Temperatur 0 - 3 °C
- Negativer Temperaturgradient

→ Trockenschnee

- Temperatur < 0 °C
- Bleibt nur bei Windgeschwindigkeiten unter 2 m/s an Oberflächen haften

→ Eisregen

- Prinzip der Unterkühlung
- Tropfen gefrieren, wenn Oberflächentemperatur < Gefrierpunkt
- Unterscheidung erfolgt durch die Tropfengröße

Eisfall bei Windenergieanlagen

Einflussfaktoren auf die maximale Fallweite und Anzahl der Eisstücke

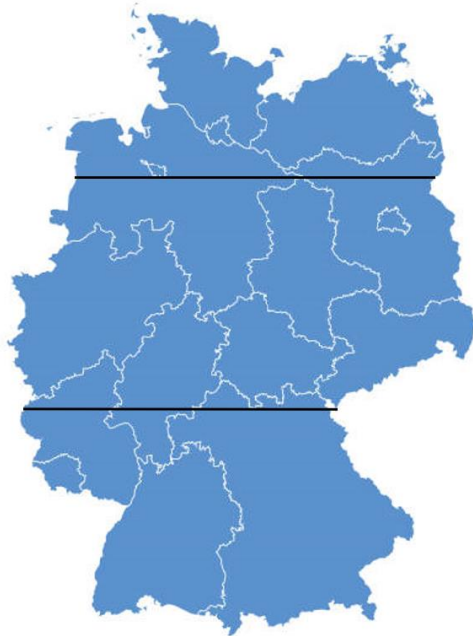
- → Anlagentyp
- → Nabenhöhe
- → Standort
- → Gelände
- → Windgeschwindigkeit
- → Form des Eisstückes



Eisfall bei Windenergieanlagen

Maximale Fallweite in verschiedenen Regionen

1



1

Schleswig-Holstein, Hamburg, Bremen,
Mecklenburg-Vorpommern sowie Teile von
Niedersachsen und Brandenburg

2

2

Berlin, Nordrhein-Westfalen, Thüringen, Sachsen,
Sachsen-Anhalt sowie Teile von Niedersachsen,
Brandenburg, Hessen, Bayern und Rheinland-Pfalz

3

3

Saarland, Baden-Württemberg sowie Teile von
Hessen, Rheinland-Pfalz und Bayern

Eisfall bei Windenergieanlagen

Maximale Fallweite in verschiedenen Regionen



	Windgeschwindigkeit [m/s]	Maximale Fallweite [m]
Mittelwert	20,6	237
Minimum	17,9	178
Maximum	25,3	315

Eisfall bei Windenergieanlagen

Maximale Fallweite in verschiedenen Regionen



	Windgeschwindigkeit [m/s]	Maximale Fallweite [m]
Mittelwert	22,5	314
Minimum	19,4	235
Maximum	26,3	399

Eisfall bei Windenergieanlagen

Maximale Fallweite in verschiedenen Regionen



	Windgeschwindigkeit [m/s]	Maximale Fallweite [m]
Maximum	39,8	635

Eisfall bei Windenergieanlagen

Eisfallrisiko im Vergleich

- → Wert für das Individualrisiko liegt bei 1:100.000 bis 1:10.000.000
- → Risiko durch andere Ereignisse
 - Treffer durch Blitz: 1: 660.000
 - Tod durch Blitz: 1: 12.000.000
 - Tod durch Autounfall: 1: 7.000
 - Tod bei Flugzeugabsturz: 1: 6.000.000

Eisfall bei Windenergieanlagen

Eingangsdaten für Eisfallgutachten

- → Benötigte Eingangsdaten:

→ WEA-Angaben

→ Eiserkennungssystem

→ Koordinaten des WEA-Standortes

→ Besonderheiten am Standort

→ Winddaten

Eisfall bei Windenergieanlagen

Zusammenfassung

- → Abstand zu öffentlichen Wegen $>1,5 \times$ (Rotordurchmesser + Nabenhöhe)

- → 3 Arten von Eis bei Windenergieanlagen

- → Einflussfaktoren auf die Fallweite und Anzahl der Eisstücke
 - Anlagentyp
 - Nabenhöhe
 - Standort
 - Gelände
 - Windgeschwindigkeit
 - Form des Eisstückes

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!



Kevin Gutbrod

EXPERT WIND & SITE

✉ gutbrod@pavana-wind.com

☎ +49 4841 89 44 230



Lars Levermann

GESCHÄFTSFÜHRER

✉ levermann@pavana-wind.com

☎ +49 4841 89 44 227