



TÜV NORD – Windenergie

Risikobeurteilung für Windenergieanlagen

- Windverhältnisse unter Vereisungsbedingungen -

- Einleitung
 - Relevanz für die Genehmigung
 - Mögliche Gefährdungen ausgehend von der WEA
- Risikobeurteilung
 - Risikoanalyse
 - Risikobewertung
- Risikobeurteilung Eisabwurf/Eisabfall
- Windverhältnisse bei Vereisungsbedingungen



Nordex 2013

Relevanz der Risikobeurteilung

- **BImSchG §5 Abs. 1** „...schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft nicht hervorgerufen werden können.

- **Muster - Liste der Technischen Baubestimmungen Anlage 2.7/12**
 - Bei Abständen kleiner 1,5 x (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe) zu Verkehrswegen und Gebäuden ist ein System zur Eiserkennung zu installieren.

- **Verdichtung der WEA-Standorte mit bestehender Infrastruktur**
- **Örtliche Nähe zu z. B.**
 - Verkehrswegen (Straße und Wege / Bahn / Flughäfen / Schifffahrt)
 - Siedlungen
 - Störfallbetrieben gemäß Störfall-Verordnung (12. BImSchV)
 - Industriegebieten
 - Pipelines
 - Hochspannungsleitungen
 - Deichen

Gefährdungen ausgehend von der WEA

Mögliche Gefährdungen sind:

- Eisabwurf/Eisabfall
- Rotorblattbruch
- Turmversagen/Gondelabwurf
- Brand (Blitzschlag)



TÜV NORD 2014



Nordwest-Zeitung 2006



Donegal News 2013



Lausitzer Rundschau 2011

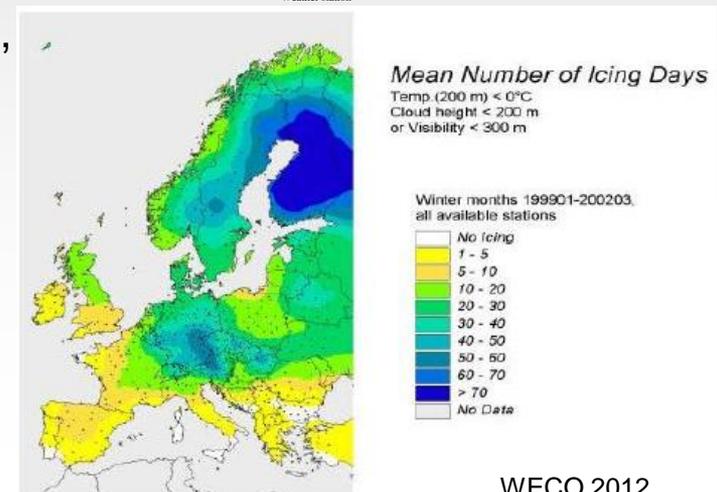
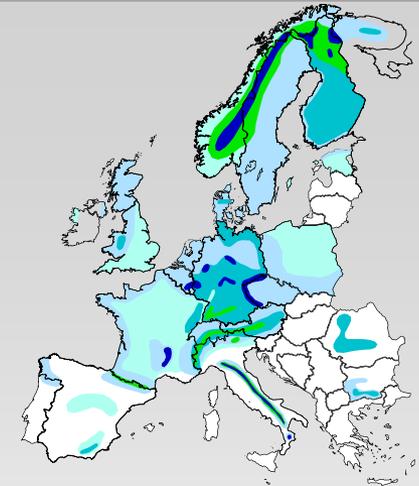
Risikobeurteilung (DIN EN ISO 12100):

- **Risikoanalyse**
 - Ermittlung der standortspezifischen Gefährdung (z.B. Verkehrswege – Eisabwurf/Eisabfall)
 - Darstellung der Gefährdung (z.B. Gefährdungsbereiche Eisabfall)
 - Ermittlung des Risikos (z.B. Personenschaden, Individualrisiko)

- **Risikobewertung**
 - Bewertung der Ergebnisse aus der Risikoanalyse
 - Bewertungsmaßstäbe u.a. Arbeitsunfälle (Statistiken DGUV), Verkehrsstatistik (Statistisches Bundesamt), Empfehlungen des VdTÜV's
 - Wenn erforderlich, Maßnahmen zur Risikominderung (z.B. Warnschilder, erhöhte Prüfungsintervalle (WKP), technische Maßnahmen wie Rotorblattheizung usw.)

Eisansatz / Eisbildung an Windenergieanlagen

- Im Winter immer möglich
- Häufigkeit ist standortspezifisch, Information z.B. Eiskarte Europa oder Wettermessungen
- Begünstigende meteorologische Bedingungen für Eisbildung:
 - Temperaturen im Bereich des Gefrierpunktes (Wasser)
 - Hoher Gehalt an Wassertröpfchen in der Luft (hohe relative Luftfeuchtigkeit)
 - Eisbildung an WEA u.a. durch tiefliegende Wolken, Nebel oder Eisregen



WECO 2012

Eisabwurf

- Voraussetzung:
 - Eisansatz an der WEA
 - WEA im Leistungsbetrieb (drehende Rotorblätter)
- Infolge der Umfangsgeschwindigkeit der Rotorblätter im Betrieb werden abbrechende Eisobjekte abgeworfen (Eisabwurf) → hohe Wurfweiten möglich.
- Abschätzung des Gefährdungsbereich nach Seifert über folgenden empirischen Zusammenhang:
 - Gefährdungsbereich Eisabwurf = $1,5 \cdot (\text{Rotordurchmesser} + \text{Nabenhöhe})$
 - **MLTB Anlage 2.7/12** (DiBt) WEA Abstand kleiner $1,5 \cdot (\text{Rotordurchmesser} + \text{Nabenhöhe})$ zu möglichen Schutzobjekten → funktionsfähiges Eiserkennungssystem notwendig

Eiserkennung

- Reduzierung des Gefährdungsbereichs durch Eisabwurf mit Hilfe von frühzeitiger Eiserkennung und Abschaltung der WEA (Vermeidung des Eisabwurfs)
 - Hierzu werden verschiedenen direkte und indirekte Eiserkennungssysteme von den WEA-Herstellern verwendet z. B.
 - Leistungsabgleich der erzeugten Leistung zur theoretischen Leistung
 - Schwingungsüberwachung der Rotorblätter
 - Anemometervergleich
 - Windunabhängiger Eissensor
 - Die Besonderheiten der unterschiedlichen Konzepte zur Eiserkennung sollten bei der Risikobeurteilung standortbezogen beachtet werden



METEOTEST 2011

Eisabfall

- Voraussetzung:
 - Eisansatz an der WEA
 - WEA abgeschaltet → Rotor trudelt (sehr geringe Drehzahl)
- Eisabfall kann im Winter nicht verhindert werden
- Gefährdung durch Eisabfall sollte standortspezifisch untersucht werden
- Standortsspezifische Risikobeurteilung Eisabfall (z.B. Personengefährdung/Verkehrsteilnehmer):
 - Eingangsdaten u.a.:
 - Windverhältnisse am Standort
 - WEA-Spezifikationen (Rotordurchmesser und Nabenhöhe)
 - Vereisungssituation am Standort (z.B. Eiskarte Europa)
 - Aufenthaltszeiten möglicher gefährdeter, exponierter Personen



WECO 2012



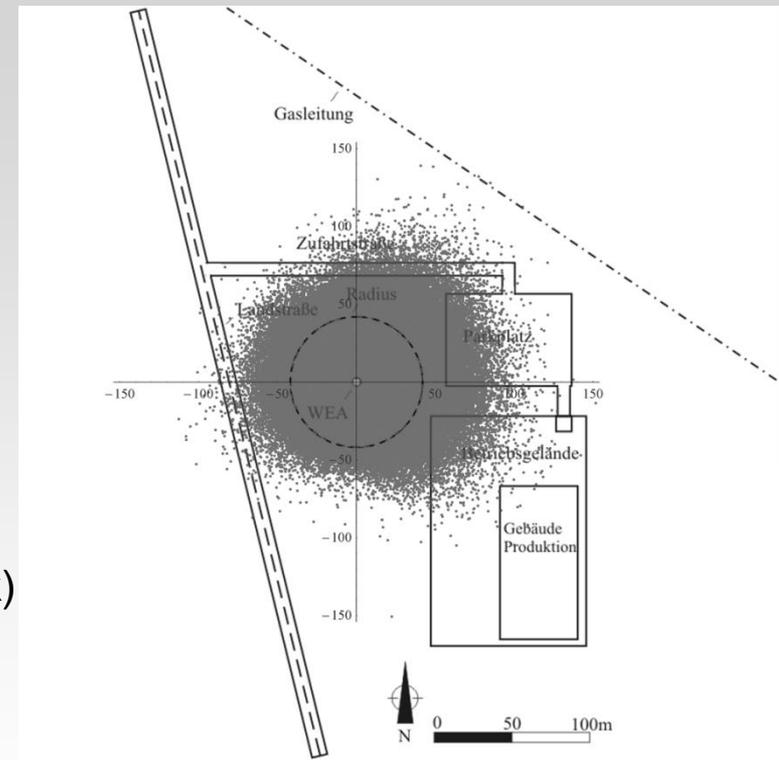
TÜV NORD 2012

Beurteilung des Eisabfall

- Ermittlung der Gefährdungsflächen durch Eisabfall (Simulation des Eisabfalls)
- Ermittlung der Gefährdung durch Eisabfall (z.B. Personengefährdung)
- Bewertung der ermittelten Gefährdung (Bewertungsmaßstab → Risikogrenzwerte)
- Empfehlung von Maßnahmen zur Risikominderung

Beispiel: mögliche Trefferpunkte Eisabfall (Grafik)

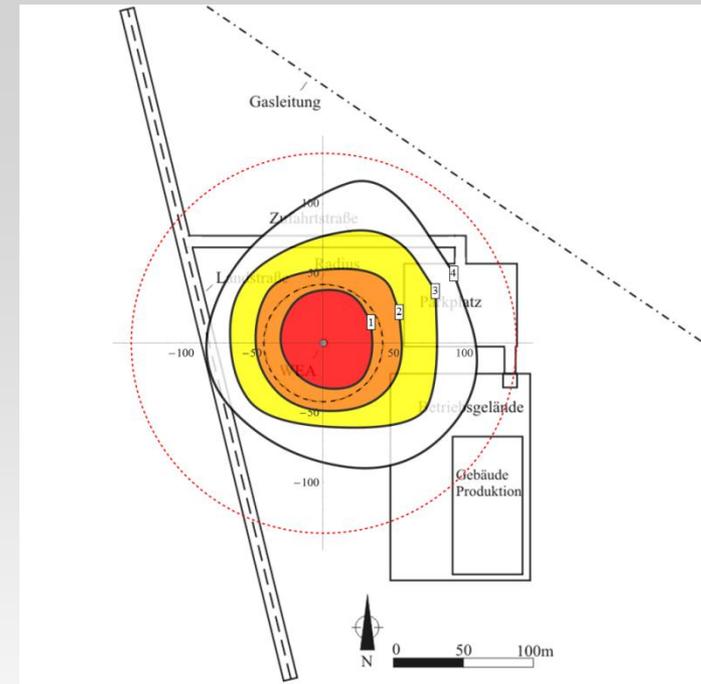
- WEA-Spezifikationen: NH 100m; D 84m



TÜV NORD 2014

Beurteilung des Eisabfall

- Farblich abgestufte Gefährdungsflächen (Trefferhäufigkeit pro m²) – Ergebnis der Simulation des Eisabfalls
- Rot gestrichelter Radius: standortbezogener maximal Gefährdungsbereich („Worst Case“)
 - Eisabfall bei einer sehr hohen standortbezogene Windgeschwindigkeit (hier 19m/s, 99,9% Quantil der Windgeschwindigkeitsverteilung am Standort)

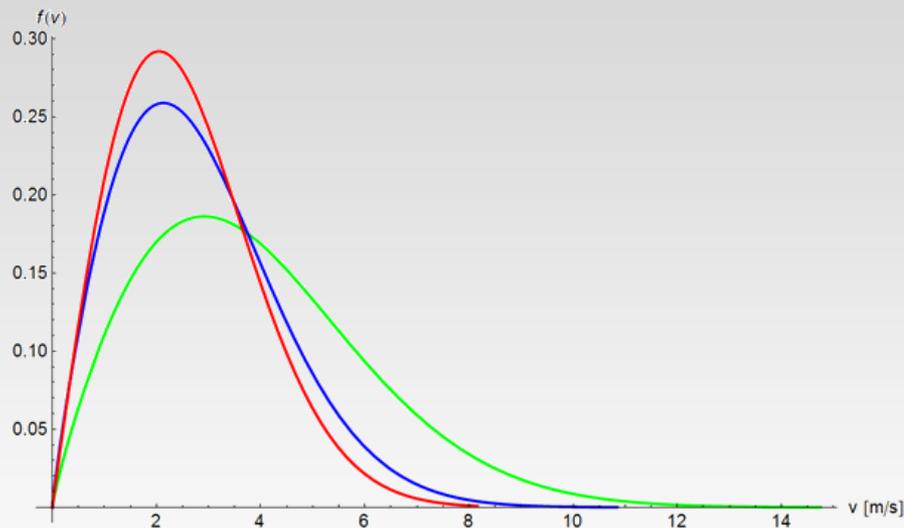


TÜV NORD 2014

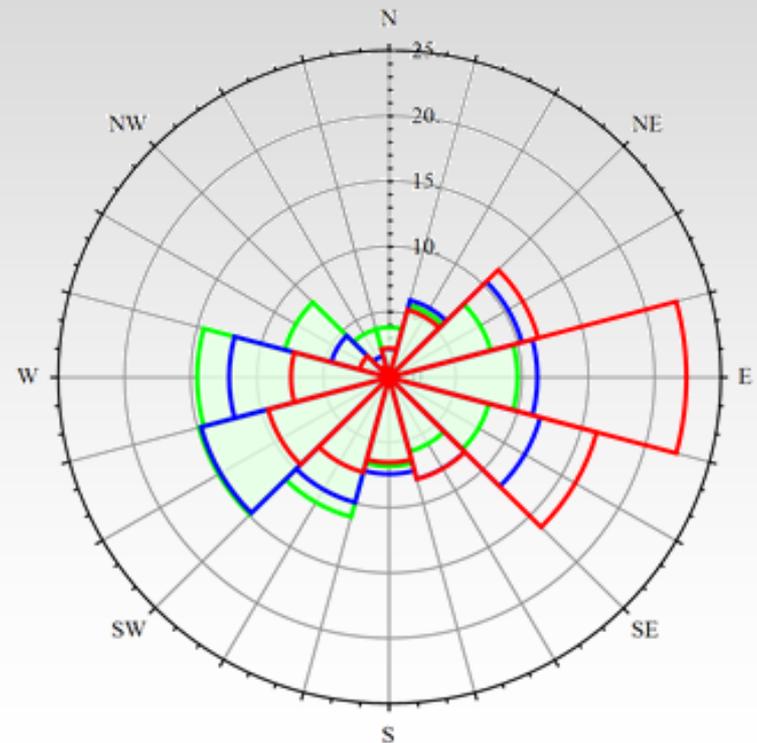
Zonen	Trefferhäufigkeiten [1/m ²]
1	größer 1,0E-04
2	1,0E-05 bis 1,0E-04
3	1,0E-06 bis 1,0E-05
4	1,0E-07 bis 1,0E-06
5	kleiner 1,0E-07

Einfluss der meteorologischen Daten auf die Windbedingungen

- Vergleich der Langzeitdaten (grün), der Daten unter Vereisungsbedingungen (blau, $T \leq 0,5^\circ\text{C}$; $rF \geq 95\%$) und konkreter Vereisung (rot, Beobachtungen).



	Ganzjahresdaten
	Konkrete Vereisung
	Mögliche Vereisung

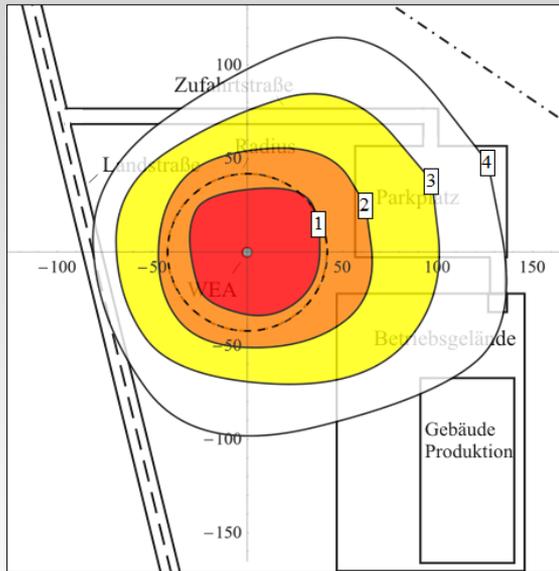


Beispiel Standort

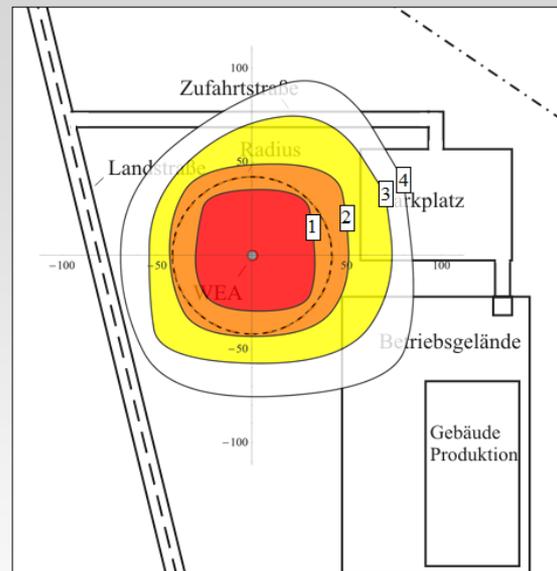
Ergebnisse der Winddatenanalyse

- Mittlere Windgeschwindigkeit bei Vereisungsbedingungen unter der Ganzjahreswindgeschwindigkeit.
- Änderung der Windrichtungsverteilung bis zu 180° möglich.
- Die Windverhältnisse und Vereisungstage sollten immer standortspezifisch betrachtet werden.

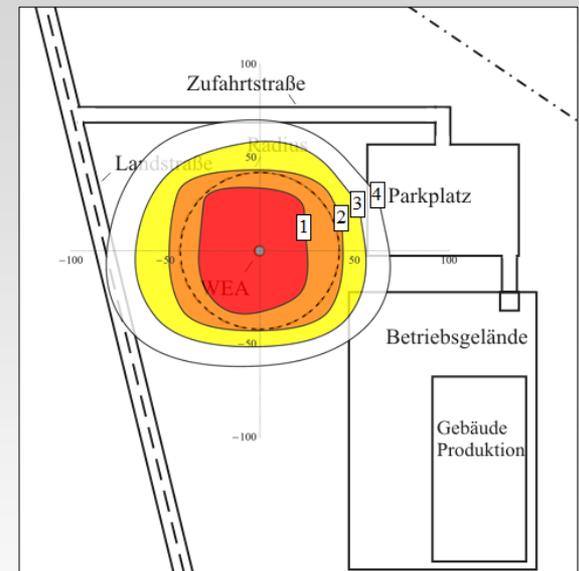
Einfluss auf die Risikobeurteilung



S1: Ganzjahresdaten



S2: Vereisungsbedingungen



S3: Konkrete Vereisung

Fazit und Ausblick

- Für WEA in der Nähe zu Infrastruktureinrichtungen (z. B. Straßen oder Betriebsgeländen) sollten die möglichen Risiken wie Eisabwurf/Eisabfall, Rotorblattbruch, Turmversagen und Brand standortbezogen beurteilt werden.
- Verwendung der mittleren Ganzjahreswindbedingungen für die Beurteilung des Eisabfalls eher konservativ.
 - ...Kenntnis des Windes bei Vereisung wäre hilfreich. Daten liegen üblicherweise nicht vor.
- Modellentwicklung zur Ermittlung des standortbezogenen Windes bei Vereisungsbedingungen z. B. mittels mesoskaligen meteorologischen Analysen (WRF)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Bei Fragen wenden Sie sich bitte gerne an:

Frederik Lautenschlager

Gruppe Wind Standortgutachten

Risikobeurteilung

TÜV NORD SysTec GmbH & Co. KG

Große Bahnstraße 31

22525 Hamburg

Tel.: +49 40 8557 1482

Email flautenschlager@tuev-nord.de