



Eiswurf und Eisfall an Windenergieanlagen

Internationale Empfehlung zur Risikoabschätzung
IEA Wind TCP, Task 19 Wind Energy in Cold Climates, 2018



Impressum

© FA Wind, November 2019

Herausgeber:

Fachagentur Windenergie an Land
Fanny-Zobel-Straße 11 | 12435 Berlin

Energy Engineering GmbH & Co. KG), Felix
Storck, Frederik Lautenschlager (TÜV NORD
EnSys GmbH & Co. KG)

V.i.S.d.P.: Dr. Antje Wagenknecht

Die Fachagentur zur Förderung eines natur-
und umweltverträglichen Ausbaus der Wind-
energie an Land e.V. ist ein gemeinnütziger
Verein. Er ist eingetragen beim Amtsgericht
Charlottenburg, VR 32573 B

Zitiervorschlag:

Zusammenfassung der INTERNATIONAL
RECOMMENDATIONS FOR ICE FALL AND ICE
THROW RISK ASSESSMENTS (Stand Oktober
2018).

Autorin:

Marianna Roscher

Autoren des Originaldokuments:

Andreas Krenn, Alexander Stökl (Energiewerk-
statt e.V.), Nina Weber, Sten Barup (ENERCON
- WRD Management Support GmbH); Thorsten
Weidl, André Hoffmann (TÜV SÜD Industrie
Service GmbH); Rolv Erlend Bredesen (Kjeller
Vindteknikk AS); Marine Lannic (Renewable
Energy Systems Ltd); Stefan Müller (Meteotest
AG); Nicole Stoffels, Thomas Hahm (Fluid &

Haftungsausschluss:

Die in dieser Broschüre enthaltenen Angaben
und Informationen sind nach bestem Wissen
erhoben, geprüft und zusammengestellt.
Eine Haftung für unvollständige oder unrichtige
Angaben, Informationen und Empfehlungen
ist ausgeschlossen, sofern diese nicht grob
fahrlässig oder vorsätzlich verbreitet wurden.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Inhalt

Einleitung zur Übersetzung und Zusammenfassung durch die Fachagentur Windenergie an Land	2
1. Zielsetzung und Arbeitsstellung des Projektes (S. 1 - 2).....	3
2. Mathematisches Modell (S. 3 - 7)	3
3. Datensatz / Datenermittlung (S. 8 - 13)	4
4. Risikoabschätzung / Risk Assessment (S. 14 - 26).....	5
4.1 Methoden der Risikoabschätzung / Methods of Risk Analysis	5
4.2 Risiko-Akzeptanz-Kriterien / Risk Acceptance Criteria	6
4.3 Auswirkungen von Risikominderungsmaßnahmen / Effect of Risk Reducing Measures to the Result ..	6
5. Unsicherheiten bei der Eisfall und Eiswurf Risikoanalyse / Uncertainties of Ice Fall and Ice Throw Risk Assessments (S. 27 - 28).....	7

Einleitung zur Übersetzung und Zusammenfassung durch die Fachagentur Windenergie an Land

Die Errichtung und der Betrieb von Windenergieanlagen unterliegen sowohl in Deutschland, als auch im internationalen Bereich hohen Qualitäts- und Sicherheitsstandards. Ziel dessen ist es, Windenergieanlagen sicher und zugleich ökonomisch realisierbar zu betreiben. Hohe Sicherheitsstandards sind das Resultat technischen Fortschritts, langjähriger praktischer Erfahrung und eines regen Austauschs über das jeweilige Themenfeld.

Eiswurf und Eisfall sind für Windenergieanlagen in klimatisch kalten Regionen ein Aspekt, welcher für die Planung und Errichtung von Windenergieanlagen Beachtung finden sollte. Frost und Schnee können sich auf den Rotorblättern sammeln und bei wärmeren Temperaturen davon lösen. In dieser Situation können Eisstücke von einem sich drehenden Rotorblatt abgeworfen werden (Eiswurf) oder von stehenden bzw. trudelnden Rotorblättern abfallen (Eisfall). Aus diesem Grund sind Windenergieanlagenbetreiber in den verschiedenen Ländern dazu angehalten, Eiswurf und Eisfall im Rahmen ihrer Risikoabschätzungen zu berücksichtigen. Dazu gehört die Frage, wie relevant Eisfall bzw. Eiswurf an dem konkreten Standort ist, ob dies negative Effekte auf die Umwelt haben kann und wie die damit verbundenen Risiken vermieden werden können. Neben technischen Einrichtungen, welche die Vereisung der Windenergieanlage verhindern bzw. abmildern sol-

len, gibt es weiterführende Maßnahmen, welche insbesondere eine Gefährdung von Menschen und Sachgütern signifikant senken können.

Die IEA Wind TCP Task 19 »Wind Energy in Cold Climates« ist ein Zusammenschluss von Experten und Fachleuten, der sich mit Windenergie in klimatisch kalten Regionen befasst. Über den Zeitraum von mehreren Jahren erarbeiten die Experten Empfehlungen und unverbindliche Richtlinien, um auf diesem Weg hohe Sicherheits-, Gesundheits- und Umweltstandards zu setzen. Die [international Recommendations for Ice Fall and Ice Throw](#) sind das Resultat dieser Treffen der IEA Wind TCP Task 19.

Die Fachagentur Windenergie an Land ist stetig bemüht, relevante und aktuelle Themen der Windenergie praxisnah aufzugreifen. Die vorliegende Zusammenfassung in deutscher Sprache fasst die Empfehlungen der IEA Wind TCP zusammen und dient dazu ein Augenmerk auf den Themenkreis von Eisfall und Eiswurf zu werfen.

Ich wünsche Ihnen eine informative Lektüre!

Ihre



Dr. Antje Wagenknecht
Geschäftsführerin
der Fachagentur Windenergie an Land

1. Zielsetzung und Arbeitsstellung des Projektes (S. 1 - 2)

Zielsetzung des Projektes ist es, Empfehlungen zur Bewertung und zum Umgang mit Risiken von Eisfall und Eiswurf bei Windenergieanlagen zu geben. Dafür wurden durch die Arbeitsgruppe verschiedenste Berechnungs- und Kalkulationsansätze zur Risikoanalyse verglichen, um darauf aufbauende Empfehlungen zu entwickeln. Es wird begrifflich zwischen Eisfall, dem Ablösen von Eisstücken während des Stillstandes oder des Trudelbetriebes, und Eiswurf, dem Ablösen von Eisstücken während des Leistungsbetriebes, unterschieden. Auch wenn Eisfall von der Gondel grundsätzlich zum Risiko beitragen kann, identifizieren die Empfehlungen im Schwerpunkt den Eisfall und -wurf von den Rotorblättern als Hauptquelle des Risikos.

Die Empfehlungen des Projektes sind in vier Themenbereiche untergliedert: Ein mathematisches Modell zur Kalkulation der räumlichen Verteilung der Eisstücke im Umkreis der Wind-

energieanlage (1), die Ermittlung einer relevanten Datenbasis (2), Aspekte einer tatsächlichen Risikobewertung (3) und der Umgang mit Unsicherheiten (4).

Terminologisch werden, basierend auf den Einschätzungen der Arbeitsgruppe, unterschiedliche Empfehlungen abgegeben. Diese differenzieren sich je nach Wichtigkeit in:

- Soll (shall – strikte Befolgung)
- Sollte (should – neben anderen Möglichkeiten wird diese als besonders passend empfohlen)
- Kann (may – eine Handlungsweise wird vorgeschlagen, von der jedoch unter bestimmten Voraussetzungen abgewichen werden kann)
- Könnte (could – Hinweis auf verschiedene Handlungsmöglichkeiten)

2. Mathematisches Modell (S. 3 - 7)

Der erste Teil der Empfehlungen befasst sich mit einem mathematischen Modell zur Bestimmung der räumlichen Verteilung von Eisstücken; das heißt mit der Frage, wo Eisstücke aufschlagen, nachdem sie sich von den Rotorblättern der Windenergieanlage gelöst haben.

Es wird **der Ansatz** nach Biswas, Taylor & Salmon (2011) beispielhaft als geeignetes Flugbahnmodell vorgestellt. Dieses beschäftigt sich mit der mathematischen Erfassung der Flugbahn eines Eisstücks von der Loslösung vom Rotorblatt bis zum Aufschlag auf dem Boden. Das Modell basiert auf einem System von Differentialgleichungen, das insbesondere die Masse des Eisstücks, dessen Querschnittsfläche, die Windgeschwindigkeit, den Luftwiderstand und die Gravitationskraft als Parameter miteinbezieht. Anhand der Gleichungen kann berechnet werden, welche Position und Geschwindigkeit ein Eisfragment über die Zeit vom Rotorblatt bis zum Aufprall einnimmt. Gemäß den Empfehlungen sind die Parameter des mathematischen Modells wie z.B. Position und Form der Eisstücke statistisch zu variieren.

Die Berechnung der einzelnen Flugbahn ist von den konkreten Eigenschaften des einzubeziehenden Eisstücks abhängig. Insofern ist es erforderlich, dass dem mathematischen Modell eine **repräsentative Verteilung von Eisstücken** zugrunde liegt. Dabei sind die Geometrie, die Dichte und die aerodynamischen Eigenschaften der Eisfragmente in geeigneter Weise zu berücksichtigen.

Ein weiterer wesentlicher Faktor für die Berechnung der Flugbahn sind die **Eigenschaften der jeweiligen Windenergieanlage / Wind Turbine Characteristics**. Die geometrischen und betrieblichen Parameter sind bestimmend für die Ausgangsbedingungen des Eisstücks bei seiner Loslösung vom Rotorblatt. Die Empfehlungen gehen dahin, dass insbesondere die Nabenhöhe, der Rotordurchmesser sowie die Drehzahl, die Rotorstellung und die Position auf dem Rotorblatt zum Zeitpunkt des Ablösens des Eisstückes erfasst werden sollen. Für eine zusätzliche Genauigkeit der Berechnung können ergänzend weitere Details der Windenergieanlagegeometrie erfasst werden.

Umweltfaktoren / Environmental Characteristics sind, entsprechend den Empfehlungen, weitere Komponenten, welche für die Berechnung des Flugbahnmodells relevant sind. Wichtig sind hierbei die Erfassung von Windgeschwindigkeit und Windrichtung, da sie Auswirkungen auf die Rotordrehzahl und -position

und damit auch auf die Flugbahn haben. Nach den Empfehlungen sollen sie, ebenso wie das Geländeprofil bei komplexem Terrain und die Luftdichte, in die Berechnung einbegriffen werden. Weitere mit einzubeziehende Faktoren könnten zudem die Turbulenzintensität oder die Berücksichtigung einzelner Böen sein.

3. Datensatz / Datenermittlung (S. 8 - 13)

Eine wesentliche Komponente für die mathematische Berechnung des Eiswurfs oder -falls bilden Daten über den vorhandenen Wind sowie die Anzahl und die Eigenschaften der sich lösenden Eisfragmente. Um die relevante Datengrundlage hinsichtlich des Windaufkommens (**Winddaten / Wind Data**) zu erstellen, gehen die Empfehlungen dahin, dass internationale und regionale Standards befolgt werden sollen. Das umfasst u.a. Windstatistiken basierend auf 10 min. Mittelwerten, ggf. die Berücksichtigung von Windstatistiken ähnlicher Windenergieanlagen-Standorte und notwendige Langzeitkorrekturen.

Beachtenswert für die Datenerhebung sind zudem saisonale Schwankungen der Windverhältnisse sowie die unterschiedlich ausgeprägte Vereisungszeit von Rotoren im Vergleich zur meteorologischen Vereisung. Die Empfehlungen gehen dahin, die Winddaten auf Nabenhöhe in Form einer Häufigkeitsverteilung zu ermitteln sowie eine für die gesamte Höhe der Windenergieanlage repräsentative Windscherung zu berücksichtigen.

Die **Daten über die Vereisung / Icing Data** sind primär aus den Vereisungskonditionen vor Ort (Eisdetektoren) und den Vereisungseigenschaften der jeweiligen Windenergieanlage zu ermitteln. Dies bestimmt die Menge und die Eigenschaften der Eisstücke.

Die Eismenge (Amount of Ice) wird durch die Anzahl, die Masse und das Gewicht der in einem Jahr zu berücksichtigenden Eisstücke umschrieben. Die Eismenge zählt zu den größten Unsicherheitsfaktoren bei der Erfassung von Eiswurf und -fall. Aus diesem Grund soll sie besonders sorgfältig untersucht und begründet werden. In der Empfehlung genannt werden

beispielhaft drei mathematische Erfassungsmethoden: die Skalierungen von Standortmessungen zu Eiswurfdaten (1), eine Formel zur Verteilung der Eislast (2) und Vereisungssimulationen (3). Da die Methoden vorrangig auf theoretischen Werten beruhen, gehen die Empfehlungen dahin, dass sie eine Unterfütterung mit experimentellen Daten aus Feldstudien nahelegen. Nicht zu unterschätzen ist die Variabilität des Eisauftommens von Jahr zu Jahr.

Die Eigenschaften eines Eisstücks (Properties of Ice Pieces) können über verschiedene Kombinationen seiner physikalischen Parameter erfasst werden; insbesondere aus der Fläche und Masse (1), der Länge, Breite, Dicke und Dichte eines Eisstücks (2) und dem Verhältnis von Fläche und Masse (3).

Die Bestimmung der Eisverhältnisse vor Ort (Site Icing Conditions) soll internationalen sowie regionalen Empfehlungen und Beispielen folgen. Es sollen zudem klar definierte Methoden verwandt werden (1) und gleichzeitig Eisverhältnisse mit repräsentativem Charakter hinsichtlich eines langen Zeitraums ausgewählt werden (2). Methoden zur Ermittlung der Eisverhältnisse vor Ort sind unter anderem: Instrumentelle Vereisung ermittelt aus Windmessungen, Vereisungskarten, Eisdetektoren und Betriebsdatenauswertungen.

Nach den Empfehlungen sind für die Vereisungsdaten einer Windenergieanlage (Wind Turbine Icing Characteristics) die Dimensionen der Rotoren und der jeweilige Betriebsmodus relevante Parameter. Es soll zudem erfasst werden, ob die Windenergieanlagen über besondere Systeme verfügen (wie bspw. Eiserkennungs-, Schutz- und Kontrollsysteme).

4. Risikoabschätzung / Risk Assessment (S. 14 - 26)

Die Bewertung eines Risikos dient grundsätzlich dazu, die mit dem Betrieb einer Anlage verbundenen Risiken zu verstehen, um diese entweder als akzeptabel einzustufen oder ggf. abzumildern. Für den iterativen Prozess einer Risikoabschätzung nehmen die Empfehlungen Bezug zur DIN ISO 12100. Ebenfalls mit einzubeziehen ist die Güte der der Bewertung zugrunde liegenden Daten. Die Kernfrage der Risikoabschätzung lautet:

»Wie wahrscheinlich ist der Eintritt eines Schadenfalles und inwiefern kann dieser hinsichtlich der Konsequenzen so gering wie möglich gehalten werden, sodass das resultierende Risiko und seine möglichen Folgen akzeptabel sind?«

Bewertungsgrundlage bilden dabei Risikoakzeptanzkriterien, nach welchen sich bemessen lässt, inwiefern ein Risiko noch als akzeptabel betrachtet werden kann.

4.1 Methoden der Risikoabschätzung / Methods of Risk Analysis

Laut den Empfehlungen sind Risikoanalysen das passende Mittel, um qualitative oder quantitative Beschreibungen von bestehenden Unsicherheiten vorzunehmen und die Auswirkungen verschiedenster Entscheidungsmöglichkeiten zu bewerten. Der Risikoanalyse liegt folgende Formel zugrunde:

*Risiko = Häufigkeit (Wahrscheinlichkeit des Eintritts) * Schadenshöhe (Auswirkungen des Eintritts)*

Hierbei ist eine hohe Eintrittswahrscheinlichkeit umso akzeptabler, je geringer der Schaden eingeschätzt wird. Umgekehrt erfordert ein eventuell hoher Schaden ggf. eine Verringerung der Eintrittswahrscheinlichkeit. Diese Komponenten sind im Einzelfall gegeneinander auszugleichen. Dabei lässt sich keine exakte Grenze zwischen einem akzeptablen und einem inakzeptablen Risiko definieren. Vielmehr existiert ein Übergangsbereich, in dem Verbesserungen möglich und sinnvoll sind.

Die **Wahrscheinlichkeit des Eintritts / Likelihood of Occurrence** von Eisfall und -wurf wird am Standort der (geplanten) Windenergieanlage im Rahmen einer Eisfall-Analyse ermittelt. Darauf aufbauend kann bestimmt werden, wie wahrscheinlich es ist, an diesem Standort durch ein Eisfragment getroffen zu werden. Dahingehend kann das Gebiet um die Windenergieanlage in verschiedene Zonen und deren Frequentierungshäufigkeit durch bspw. Passanten oder Fahrzeuge aufgeteilt werden.

Abhängig vom jeweiligen Szenario sind verschiedene Ansätze für unterschiedliche Gruppen an Individuen, die eine Windenergieanlage passieren (z.B. Fußgänger, Autoverkehr), zu wählen, um eventuelle **Konsequenzen / Consequences** eines Eiswurfs abzuschätzen. So sind z.B. Personen in Autos besser geschützt als beispielsweise Fußgänger. Die Probit-Funktions-Methode dient in diesem Zusammenhang dazu, die Sterblichkeitsrate von ungeschützten Personen abhängig von der Auftreffenergie eines Objektes zu berechnen.

Teil der Risikoanalyse ist es zudem, die **Aufentahlsdauer / Exposure** einer Person im Umkreis der Windenergieanlage zu ermitteln. Dafür soll nicht nur das individuelle (Individual Risk), sondern auch das gesellschaftliche Risiko (Societal Risk) bestimmt werden. Dies erfordert die Unterteilung der durchschnittlich ermittelten Zahl an Passanten und Fahrzeugen in ihrer Bewegung auf unterschiedlichen Wege-Kategorien (häufig, regelmäßig, wenig und unbenutzte Wege). Bei nationalen Straßen und Autobahnen kann auf Zählungen zurückgegriffen werden; bei Wanderwegen ist hingegen eher eine Schätzung vorzunehmen. Die Expositionszeiten sollten für Tätigkeiten ermittelt werden, wie sie unter Eisfall- bzw. Eiswurfbedingungen auftreten.

4.2 Risiko-Akzeptanz-Kriterien / Risk Acceptance Criteria

Aufbauend auf der Abschätzung, mit welcher Wahrscheinlichkeit und in welcher Höhe ein Schaden eintreten kann, besteht die Frage, welche Risiken als akzeptabel angesehen werden können. Zur Ermittlung führen die Empfehlungen verschiedene Prinzipien auf, die sich hinsichtlich ihrer relevanten Kriterien unterscheiden.

Nach dem MEM-Prinzip (minimum endogenous mortality) dürfen technische Systeme keinen deutlichen Anstieg des individuellen Risikos (im Vergleich zur endogenen Sterblichkeit) erzeugen. Endogene Sterblichkeit meint hier Todesfälle, die auf innere Ursachen wie z.B. Schädigungen in Verbindung mit der Geburt oder degenerative Krankheiten zurückzuführen sind. Ein Anstieg von mehr als 5 % wird dabei als signifikant eingeschätzt. Die durch Eiswurf verursachten Risiken werden hier nach tödlichen Unfällen sowie schweren und weniger schweren Unfällen eingeteilt. Sofern das signifikante Limit überschritten ist, wird ein Risiko als nicht akzeptabel bewertet.

Das ALARP-Prinzip (as low as reasonably practicable) teilt Risiken in drei Bereiche ein: weitestgehend akzeptable (1), tolerierbare (2) und unangemessene (3) Bereiche. Eine dahingehende

Kategorisierung soll nach relevanten statistischen Daten aus dem jeweiligen Bereich erfolgen.

Hinsichtlich der Risikoakzeptanz ist neben dem **individuellen Risiko / individual Risk** auch das **gesellschaftliche Risiko / Risk for the General Population** mit einzubeziehen. Die sich daraus ergebenden Kriterien sollen sich an repräsentativen Studien und Statistiken zu den lokalen Bedingungen orientieren. Individuelles und gesellschaftliches Risiko sind dabei zu differenzieren. Das gesellschaftliche Risiko wird in diesem Zusammenhang als die Summe an Personen verstanden, die durch ein Szenario beeinträchtigt werden können, und erfasst damit die Gesamtzahl möglicher Opfer. Es ist insbesondere bei Autobahnen, staatlichen oder internationalen Straßen und vielfach genutzten Wegen sowie Gebäuden, für die ein generelles Interesse in der Öffentlichkeit besteht, Parkbereichen und Industriegebieten zugrunde zu legen. Das individuelle Risiko ist demgegenüber bei kleinen Wegen und Straßen sowie Gebäuden zugrunde zu legen, die von einer kleinen Anzahl an Personen benutzt werden.

Die verschiedenen Ansätze sollen nach den Empfehlungen teilweise kombiniert angewandt werden.

4.3 Auswirkungen von Risikominderungsmaßnahmen / Effect of Risk Reducing Measures to the Result

Nachdem das Risiko ermittelt wurde, soll analysiert werden, ob eine Reduktion des Risikos erforderlich und realisierbar ist. Die Arten möglicher Maßnahmen sind von Land zu Land und auch regional sehr unterschiedlich. Maßnahmen sind standortspezifisch auf Grundlage des ALARP-Prinzips (ein so geringes Risiko wie vernünftigerweise und zu vertretbaren Kosten möglich) zu treffen.

Globale quantitative Maßnahmen / Global Quantitative Measures sind in diesem Kontext Maßnahmen zur Risikosenkung, deren Wirkung durch einen Risiko-Reduktionsfaktor (RRF) beschrieben werden. So senken entsprechend den Empfehlungen beispielweise Warnschilder ein Risiko um den Faktor 1-10 und Straßensperren ein Risiko sogar um den Faktor 10-100. Der Reduktionsfaktor einer konkreten

Maßnahme kann sodann dem ermittelten Risiko an einem Ort zugeschlagen werden. Anhand dessen kann ermittelt werden, ob sich das Risiko damit in einen akzeptablen Bereich senken lässt.

Sofern diese Minderungsmaßnahmen keine Absenkung des Risikos in einen akzeptablen Bereich erzielen, sind Maßnahmen in Betracht zu ziehen, die eine **Neuberechnung bzw. Anpassung des Projekts / Measures That Require Recalculation** erfordern. Das umfasst beispielsweise Hardware-Anpassungen, strukturelle Maßnahmen oder Modifikationen der Anlage. Beispielhaft genannt werden in den Empfehlungen: Fixierung des Rotors bei Stillstand, Umplanung auf eine kleinere Windenergieanlage, Verschiebung der Windenergieanlage, Verlegung von Wegen, Anpassung des

Betriebs oder die Installation von Eiserkennungssystemen.

Zusätzliche **qualitative Maßnahmen / qualitative Measures** können ebenfalls in Betracht

gezogen werden. Diese Maßnahmen sind zwar nicht in Zahlen erfassbar, haben aber dennoch einen Effekt zur Risikosenkung; so z.B. Kommunikationsstrategien oder Fortbildungen.

5. Unsicherheiten bei der Eisfall und Eiswurf Risikoanalyse / Uncertainties of Ice Fall and Ice Throw Risk Assessments (S. 27 - 28)

Die Empfehlungen heben hervor, dass natürliche Phänomene wie Eiswurf und Eisfall immer auch mit Unsicherheiten verbunden sind. Eine einfache Risikobewertung liefert in der Regel einen einzelnen Wert, der typischerweise einen Mittelwert oder Erwartungswert darstellt. Dieser Mittelwert kann nicht immer mit der erwünschten Genauigkeit berechnet werden, da er vielen Unsicherheitsfaktoren unterliegt wie bspw. fehlender oder unsicherer Informationen. Exemplarisch zu nennen sind in diesem Zusammenhang: die Anzahl an Eistagen, die Masse des Eises, die zugrunde zu legende Aufprallfläche, die Zahl an beeinträchtigten Personen und die eintretenden Schäden.

Die Unsicherheiten der einzelnen Einflussfaktoren führen laut den Empfehlungen zu einer Gesamtunsicherheit im Endergebnis der Risikoanalyse. Es bestehen keine konkreten Empfehlungen hinsichtlich der Bestimmung der Unsicherheiten in der Risikobewertung, da diese von der jeweiligen Aufgabe, der Qualität der Datenbasis, der gewählten Methodik und dem Standort abhängen. Das öffentlich zugängliche Hintergrundwissen zu Eiswurf und Eisfall ist

momentan begrenzt, auch wenn zugleich die Datenbasis kontinuierlich erweitert wird. Die Empfehlungen weisen jedoch darauf hin, dass unter den Experten allgemein Einigkeit bestünde, dass weitere Forschungsarbeiten erforderlich sind, bevor endgültige Antworten zur Behandlung von Unsicherheiten gegeben werden können.

Nach den Empfehlungen ist es grundsätzlich wichtig, zwischen den Faktoren zu unterscheiden, die einen Einfluss auf die Flugbahn des Eisstückes haben, und solchen, die direkt auf den berechneten Risiko-Wert einwirken. Für die erst genannten Faktoren sollten Parameter und Werte der Einflussfaktoren so realistisch wie möglich gewählt werden, da hier konservative Annahmen nicht unbedingt zu einer konservativen Risikoabschätzung führen. Sicherheitsfaktoren und Konservativitäten sollen daher bei der zweiten genannten Gruppe von Faktoren angewendet werden. Sofern Unsicherheitsfaktoren im konkreten Fall bestehen, sollen diese und ihr Umgang damit in der Risikobewertung aufgezeigt und erläutert werden.

Fachagentur Windenergie an Land e.V.

Fanny-Zobel-Straße 11 | 12435 Berlin
T +49 30 64 494 60-60 | F +49 30 64 494 60-61
post@fa-wind.de | www.fachagentur-windenergie.de