

Eiswurfrisiko

Erfahrungen mit den Empfehlungen der IEA

F2E GmbH & Co. KG



Inhalt

- Eiswurf: Grundlagen
- Empfehlungen der IEA
 - Gefilterte Winddaten
 - Risikobewertung ALARP
 - Individuelles und kollektives Risiko
 - Risikogrenzwerte
 - Risikominimierung
- Erfahrungen seit Einführung der IEA Empfehlung
 - Addition von Risiken
 - Risiko durch Bauteilversagen



Muster-Verwaltungsvorschrift

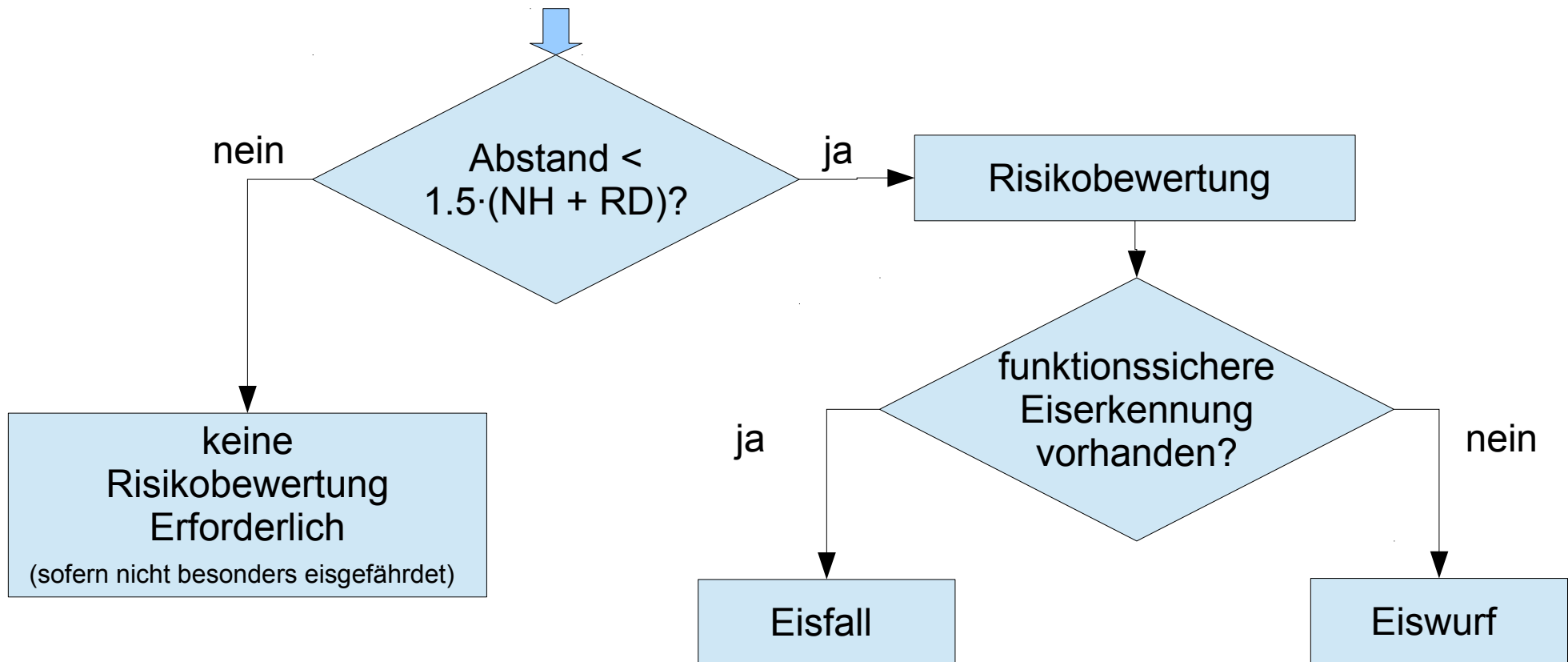
Technische Baubestimmungen - MVV TB

- Anlage A 1.2.8/6 zur „Richtlinie für Windenergieanlagen“
 - **Punkt 2:** Abstände zu Verkehrswegen und Gebäuden sind unbeschadet der Anforderungen aus anderen Rechtsbereichen wegen der Gefahr des Eisabwurfs einzuhalten, soweit eine Gefährdung der öffentlichen Sicherheit nicht auszuschließen ist. Abstände, gemessen von der Turmachse, größer als **1.5·(NH + RD)** gelten im Allgemeinen in nicht besonders eisgefährdeten Regionen als ausreichend. In anderen Fällen ist die Stellungnahme eines Sachverständigen erforderlich.
 - **Punkt 3** Ergänzende Unterlagen zu den im Abschnitt 3, Buchstaben A bis L der Richtlinie aufgeführten bautechnischen Unterlagen:
 - **Punkt 3.2:** die gutachterliche Stellungnahme eines Sachverständigen zur Funktionssicherheit von Einrichtungen, durch die der Betrieb der Windenergieanlage bei Eisansatz sicher ausgeschlossen werden kann oder durch die ein Eisansatz verhindert werden kann (z.B. Rotorblattheizung), soweit erforderliche Abstände wegen der Gefahr des Eisabwurfes nicht eingehalten werden

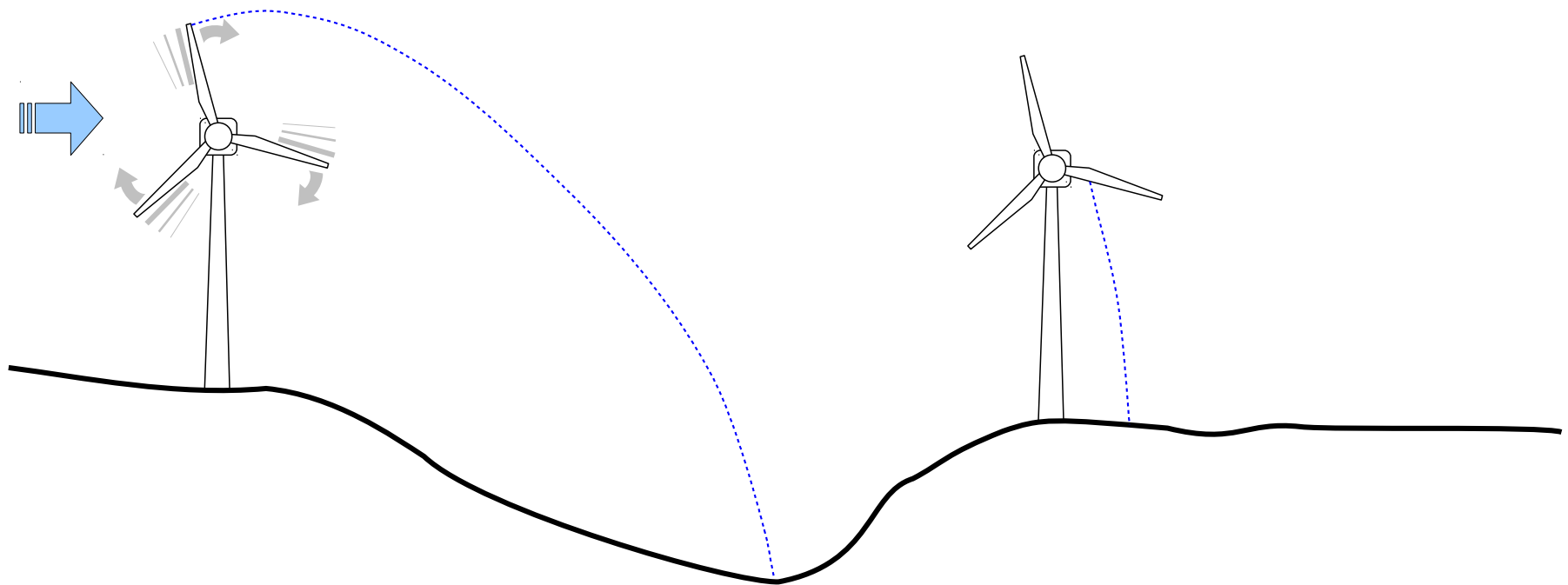


Eiswurf ↔ Eisfall

- **Eiswurf:** Ablösung von Eisstücken während des Betriebes
- **Eisfall:** Ablösung von der trudelnden / stillstehenden WEA



Eiswurfberechnung



- Hohe Flugweite begünstigt durch:

- abfallendes Gelände in Wurfrichtung
- viel Wind
- hohe Anlagendrehzahl
- Abwurf während der Aufwärtsbewegung des Blattes
- Eisstück weit außen am Blatt

- Geringe Flugweite begünstigt durch:

- flaches oder ansteigendes Gelände in Wurfrichtung
- kaum Wind
- niedrige Anlagendrehzahl
- Abwurf während der Abwärtsbewegung des Blattes
- Eisstück nahe der Blattwurzel



IEA Wind Task 19:



<https://community.ieawind.org/task19/ourlibrary>

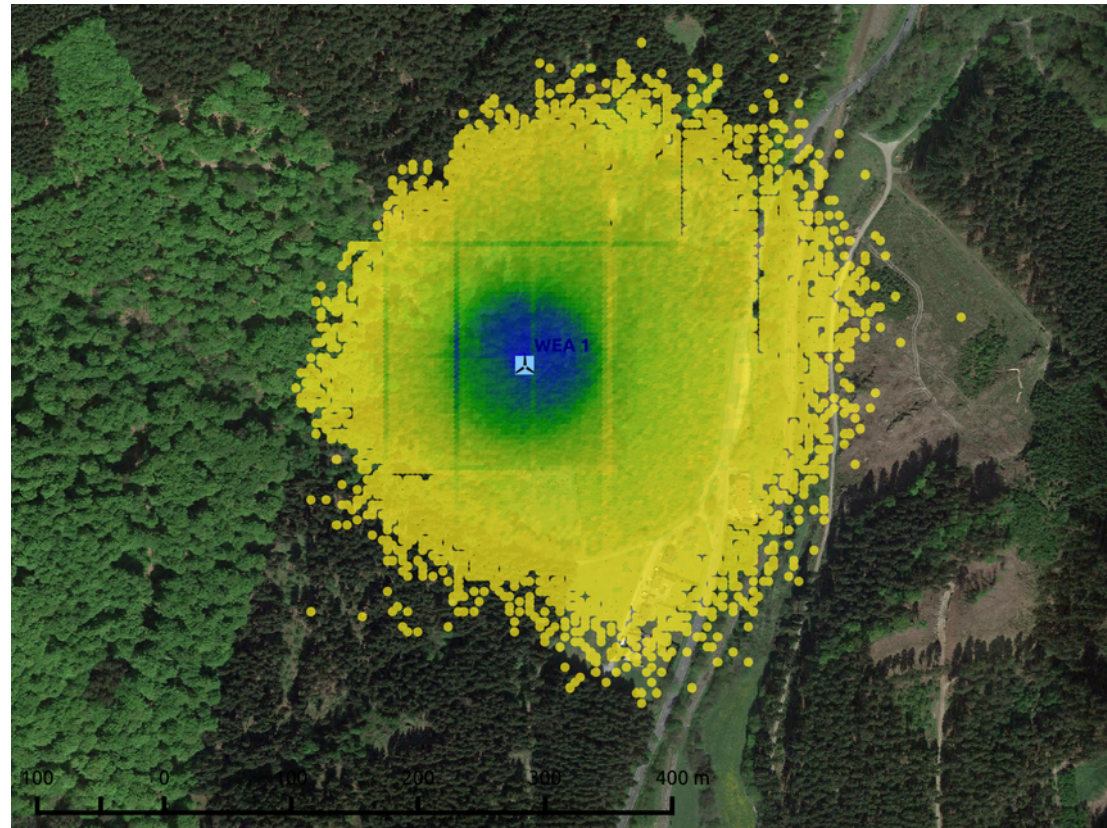
International Recommendations for Ice Fall and Ice Throw Risk Assessments

- 8 internationale Partner:
 - 4 Gutachterbüros
 - 2 Zertifizierungsstellen
 - 1 Windparkbetreiber
 - 1 WEA Hersteller
- Veröffentlicht am 31.10.2018
- Dokumentierter Stand der Technik



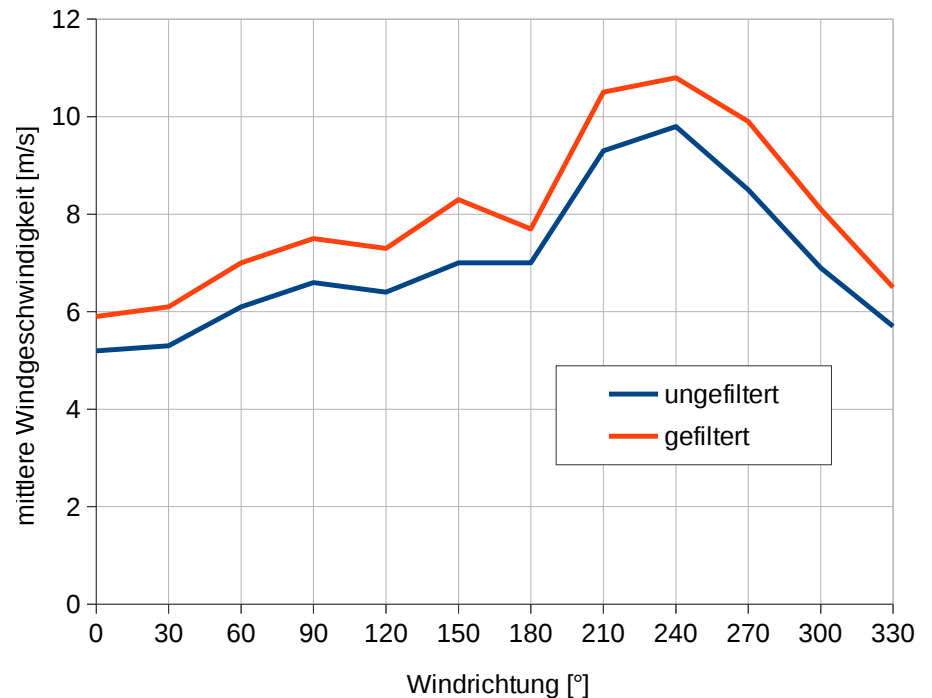
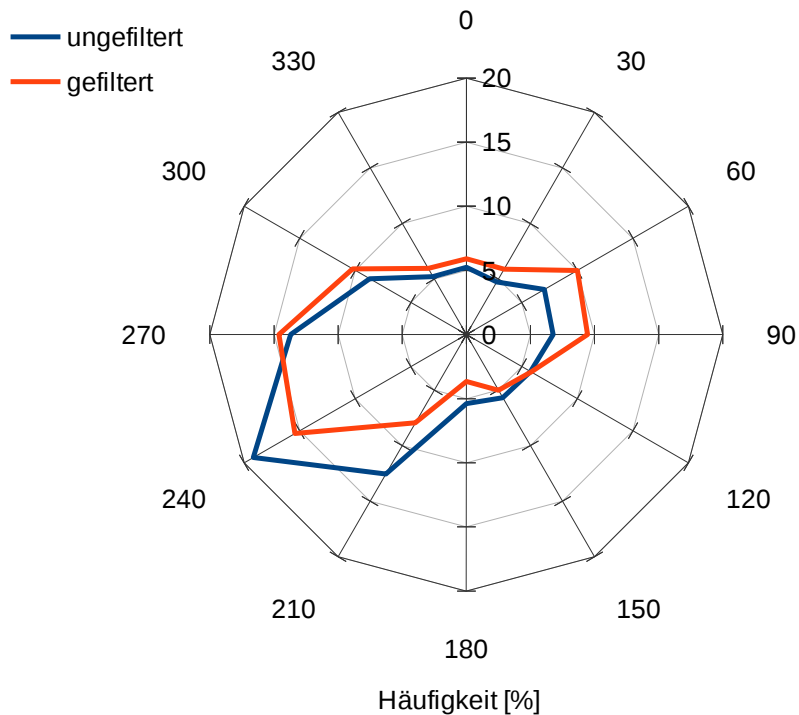
Eiswurfberechnung - Software F2E

- Monte-Carlo-Simulation unter Variation von
 - Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe
 - Windrichtung
 - Position des Eisstückes auf dem Blatt
 - Geometrie und Dichte des Eisstückes
 - Drehzahl und Stellung des Rotors
- Berücksichtigung eines Geländemodells
- Im Rahmen der Entwicklung der IEA Recommendations anhand von Messkampagnen in realen Windparks validiert

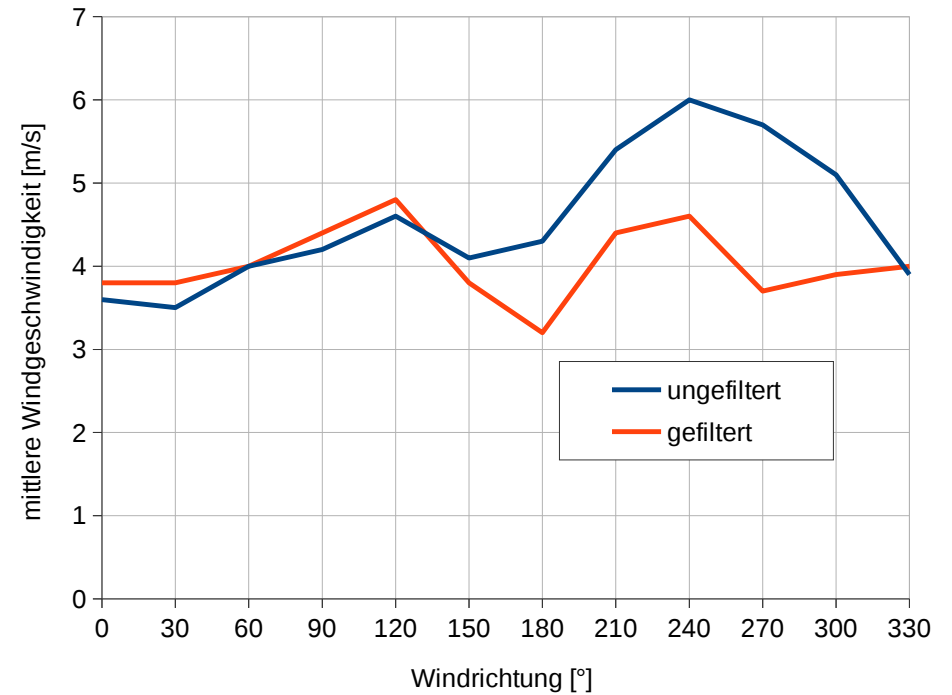
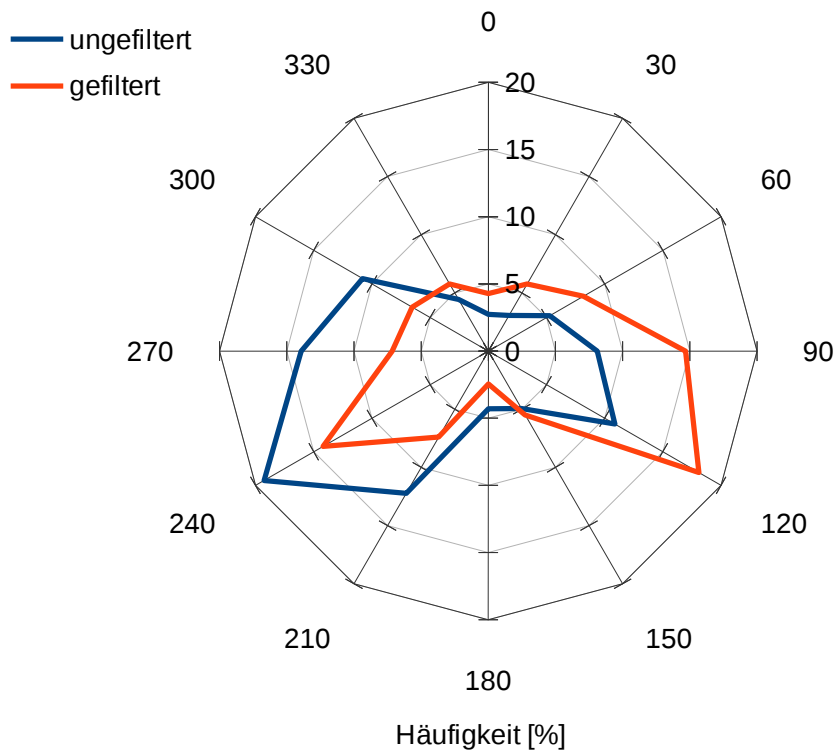


IEA: Filterung von Winddaten

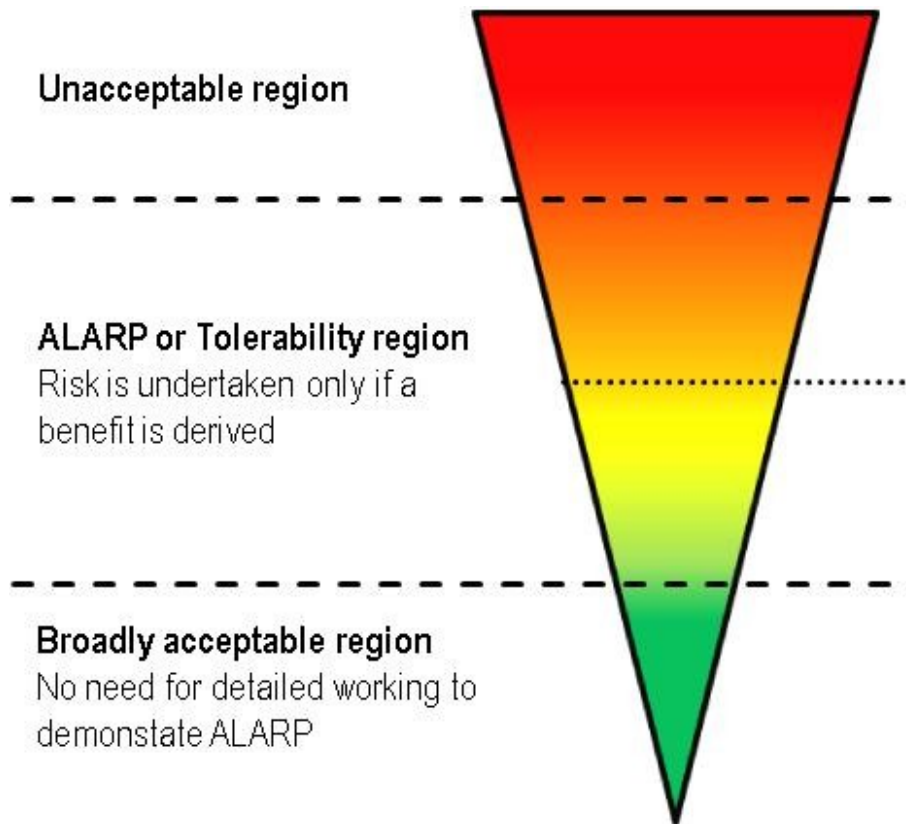
- „Wind statistics based on 10 minute (or less) averaging representative for periods when ice throw and ice fall may occur.“



Filterung von Winddaten: Beispiel 2



Risikobewertung: ALARP nach IEA



- **Roter Bereich**
 - Risiko inakzeptabel - Maßnahmen sind einzuleiten
- **Oranger Bereich**
 - Risiko akzeptabel - Maßnahmen sind in Betracht zu ziehen
- **Gelber Bereich**
 - Risiko akzeptabel - Maßnahmen sind in der Regel nicht erforderlich
- **Grüner Bereich**
 - Risiko uneingeschränkt akzeptabel



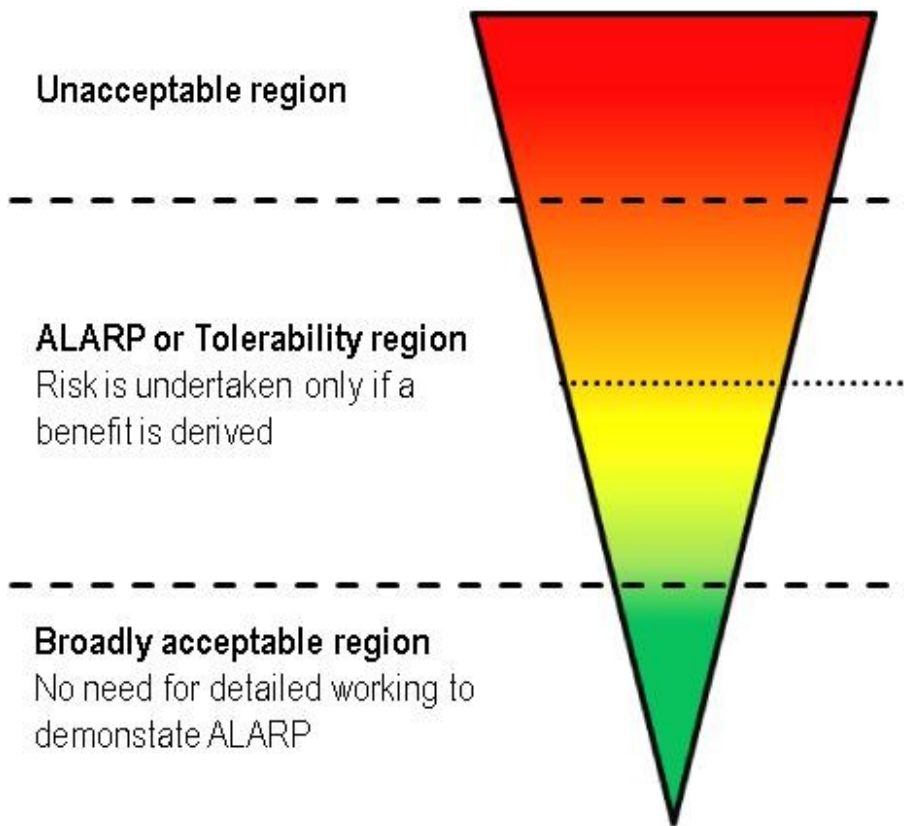
Risikobewertung: individuell - kollektiv

- Gemäß IEA Recommendations ist abhängig vom Schutzobjekt das individuelle oder das kollektive Risiko zugrunde zu legen
- Individuelles Risiko:
 - land- und forstwirtschaftlich genutzte Wege, Wanderwege, Fahrradwege und Straßen mit geringer Verkehrsdichte
 - Objekte wie Scheunen, Hütten etc., die regelmäßig durch den Besitzer oder durch einen kleinen Personenkreis genutzt werden
- Kollektives Risiko:
 - stark genutzte Gemeindestraßen, Kreisstraßen, Landesstraßen, Bundesstraßen und Autobahnen,
 - Objekte, die von generellem Interesse für die Öffentlichkeit sind und entsprechend durch eine größere Personengruppe genutzt werden (öffentliche Parkplätze, Industrieanlagen etc.).



Riskobewertung: Grenzwerte nach IEA

MEM-Kriterium



Individuell	Kollektiv
$> 10^{-5}$	$> 10^{-3}$
$10^{-5} - 10^{-6}$	$10^{-3} - 10^{-4}$
$10^{-6} - 10^{-7}$	$10^{-4} - 10^{-5}$
$< 10^{-7}$	$< 10^{-5}$



Risikominimierung

- Quantitative Risikoreduzierung:
 - Fixierung der Azimut-Position des Rotors nach Eisabschaltung
 - Kleinere WEA
 - Standortverschiebung der WEA
 - Verlegung des Schutzobjektes (z.B. des Verkehrsweges)
- Maßnahmen, die sich nicht exakt quantifizieren lassen:
 - Einsatz einer funktionssicheren Eiserkennung
 - Warnzeichen (evtl. gekoppelt mit dem Eiserkennungssystem der WEA)
 - Physische Barrieren wie z.B. Schranken
 - Aufklärung und Sensibilisierung der Öffentlichkeit
- Rotorblattheizung
 - System zur Reduzierung der Stillstandszeiten. Kein Sicherheitssystem. Betrachtung im Rahmen der Risikobewertung ist zurzeit nicht gesichert möglich.



Projekterfahrungen: Addition von Risiken

- Entlang von Verkehrswegen kann in der Regel nicht ausgeschlossen werden, dass einzelne oder alle Personen mehrere WEA passieren und damit einer Summe von Risiken ausgesetzt sind.
- Dies spielt für den überregionalen Verkehr keine Rolle, da hier mit Grenzwerten verglichen werden kann, die auf die gefahrene Strecke bezogen sind.
- Bei der Bewertung von Verkehrswegen des regionalen bzw. des Nahverkehrs ist zu prüfen, ob die übliche Nutzung dazu führt, dass die Gefährdungsbereiche mehrerer WEA passiert werden. Es ist hier ausreichend eine repräsentative Route zu wählen, die eine konservative Bewertung gewährleistet.



Projekterfahrungen: Weitere Risiken

- Die Risiken durch Eiswurf/Eisfall und durch Bauteilversagen sind zu addieren und gemeinsam zu betrachten und zu bewerten.
- Bauteilversagen berücksichtigt:
 - Blattbruch
 - Turmversagen
 - Verlust der Gondel
- Eine mögliche Ursache für Bauteilversagen stellt der Brand einer WEA dar. Das durch einen Brand hierdurch verursachte Risiko ist daher in der Risikobetrachtung für das Bauteilversagen enthalten und mit abgedeckt.



Vergleich der Eintrittshäufigkeit

- Eiswurf/Eisfall pro WEA
 - Größenordnung 1000 mal pro Jahr = 10^3
- Bauteilversagen pro WEA:
 - Größenordnung alle 1000 Jahre = 10^{-3}



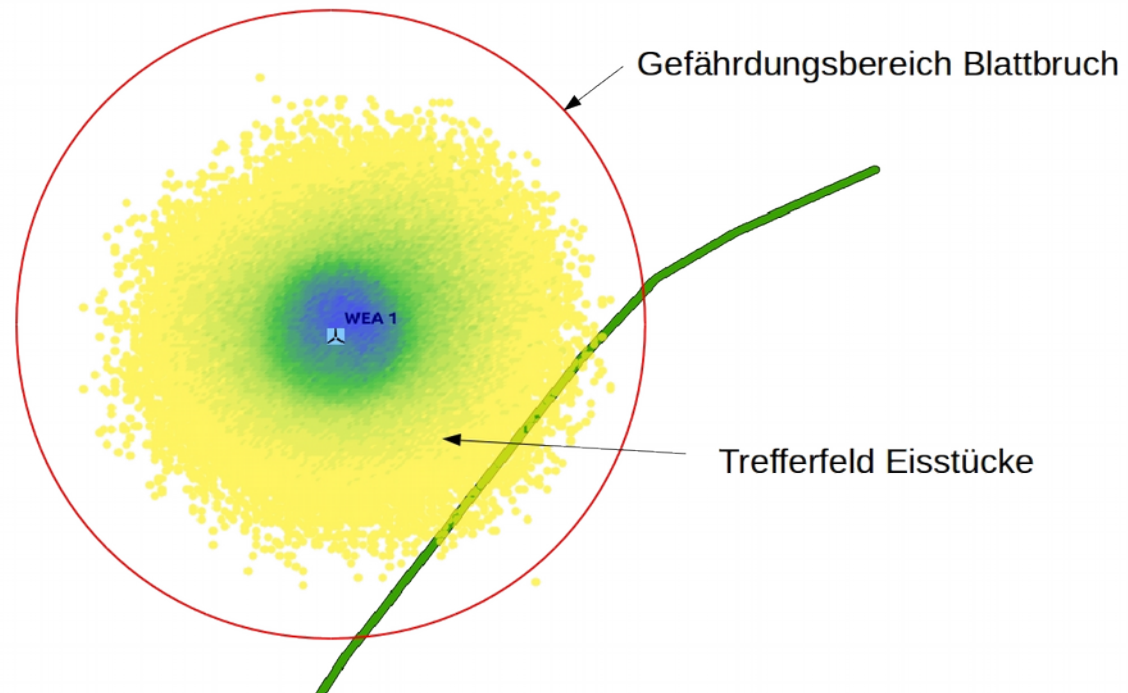
Beispiel: Gesamtrisiko Eiswurf + Bauteilversagen



Beispiel: Ergebnis der Bewertung:

- Gefährdungsbereich erhöht sich aufgrund der größeren Flugweite von Blattbruchstücken.
- Gefährdung durch Blattbruch ist deutlich seltener, führt aber zu größeren Auswirkungen.
- In der Regel dominiert aufgrund der deutlich höheren Häufigkeit das Risiko durch Eiswurf/Eisfall

Im Beispiel steuert das Risiko durch Bauteilversagen (und Brand) **6,5%** zur Gesamtgefährdung bei.



Zusammenfassung und Ausblick

- Die IEA Empfehlungen haben sich in der Praxis bewährt und sind akzeptiert.
- Neue Forderungen aus dem Markt:
 - Berücksichtigung der Addition von Risiken. Das kann auch die Berücksichtigung bereits bestehender WEA am Standort erfordern.
 - Berücksichtigung eines Gesamtrisikos durch Eiswurf/Eisfall, Bauteilversagen (und Brand).
- IEA-Empfehlungen:
 - F2E wird sich dafür einsetzen, die neuesten Entwicklungen auf IEA-Ebene zu diskutieren und ein abgestimmtes Vorgehen festzulegen.





F2E

Fluid & Energy Engineering

Ingenieurbüro für Windenergieanlagen und Energietechnik.

+49 40 53 30 36 80-0

www.f2e.com

Die Summe unserer Kompetenzen rechnet sich für Sie.



F2E – seit 2008 die Experten in Windenergie.