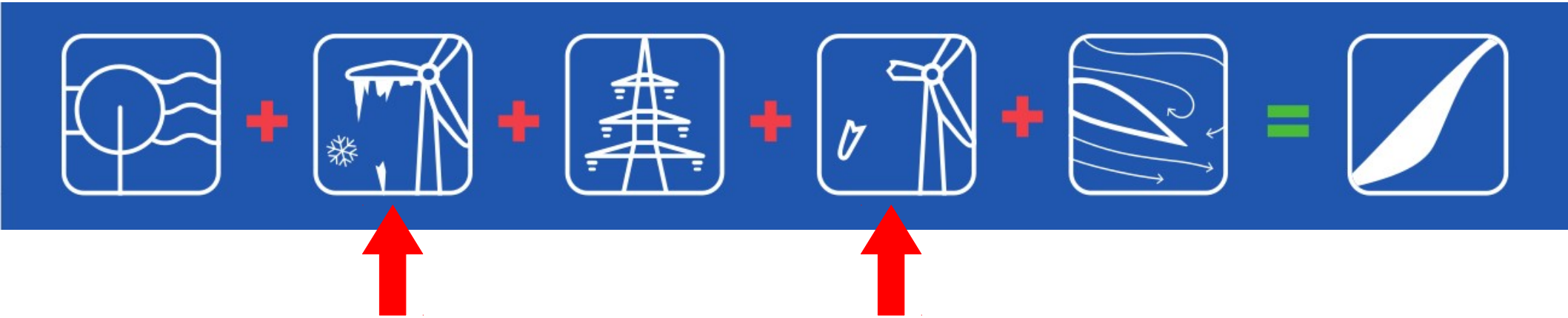
Risikobewertung von Eiswurf, Eisfall und Bauteilversagen

Überblick und aktuelle Entwicklungen

F2E GmbH & Co. KG



Inhalt

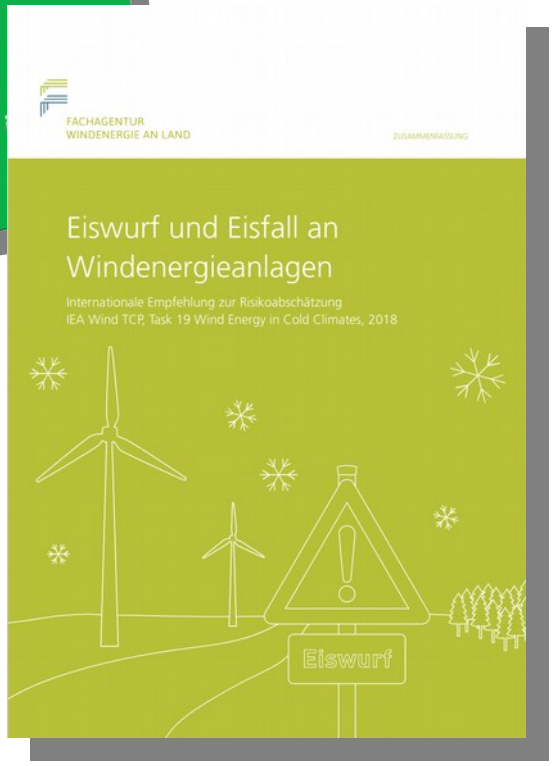
- Vorschriften und Normen
  - Bestehendes und laufende Aktivitäten
- Eiswurf/Eisfall, Bauteilversagen
  - Randbedingungen und Berechnung
- Risikobewertung
  - Risiken und Kriterien
- Risikominimierung
  - Quantitative und qualitative Risikoreduzierung

Vorschriften und Normen

- Baurecht:
  - **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 (Windenergieanlage in Betrieb) und des Eisfalls (Windenergieanlage im Stillstand) einzuhalten, soweit eine Gefährdung der öffentlichen Sicherheit nicht auszuschließen ist. Abstände, gemessen von der Turmachse, größer als 1,5 x (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe) gelten im Allgemeinen in nicht besonders eisgefährdeten Regionen als ausreichend. In anderen Fällen ist die Stellungnahme eines Sachverständigen erforderlich.
- Immissionsschutz:
  - **BimSchG § 5 „Pflichten der Betreiber genehmigungsbedürftiger Anlagen“:**
    Die WEA ist so zu betreiben, dass “zur Gewährleistung eines hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft nicht hervorgerufen werden können.“

Vorschriften und Normen - IEA:

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



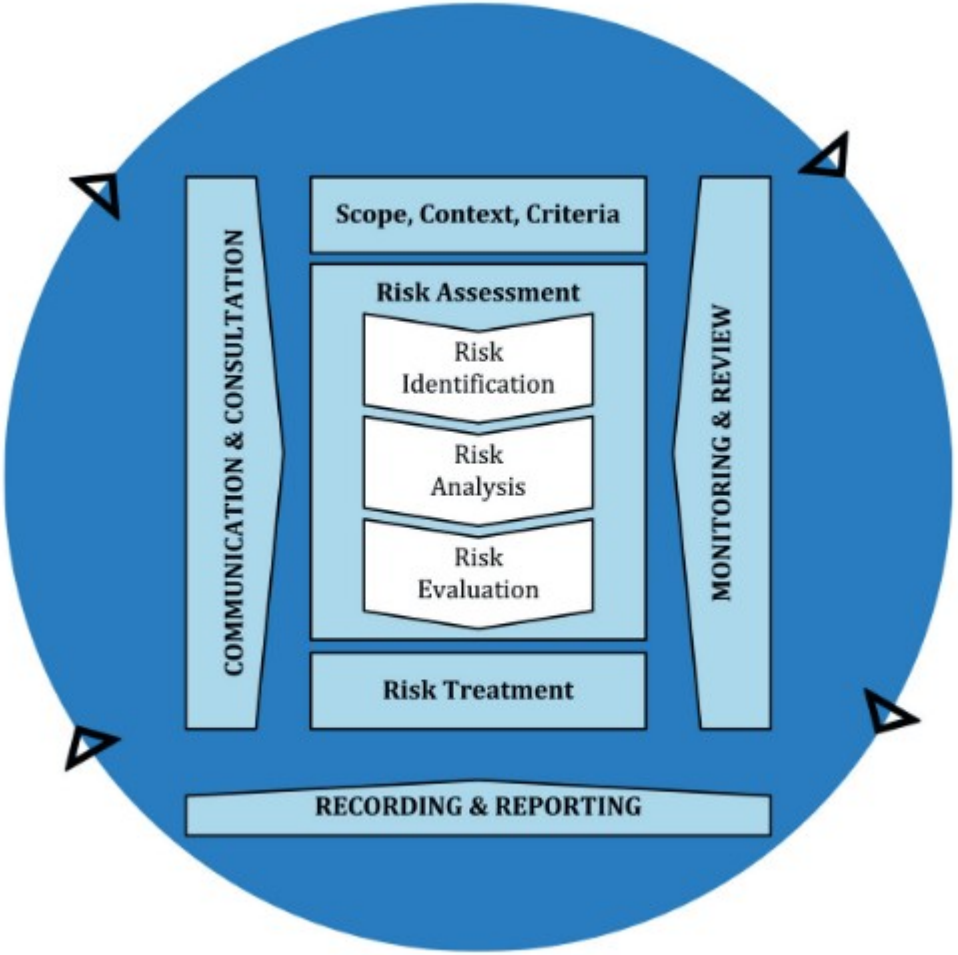
https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/FA_Wind_Zusammenfassung_Eiswurf_11-2019.pdf

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
- Zurzeit ist die Edition 1 in Vorbereitung.
- Eine Zusammenfassung auf deutsch ist über die Fachagentur Windenergie an Land verfügbar

Vorschriften und Normen - IEC:

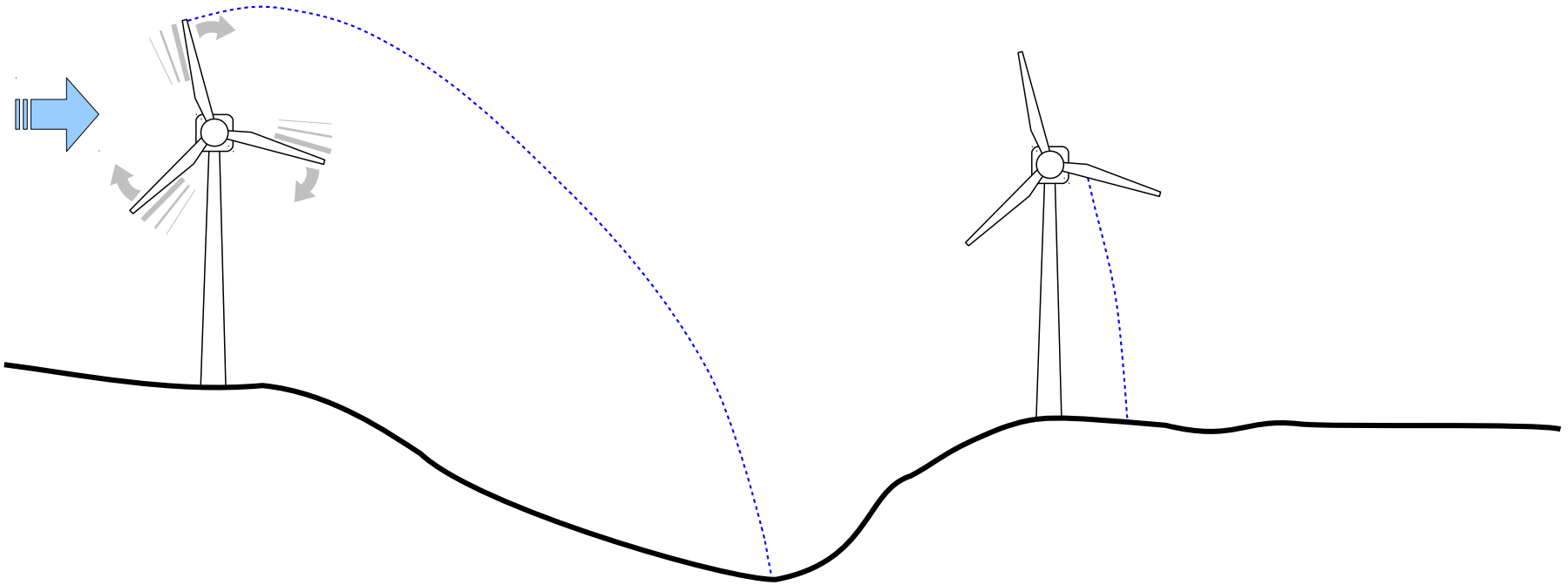
- IEC 61400-31 Wind Turbine Siting Risk Assessment
  - Technical Specification zurzeit in Arbeit
  - Betrachtete Gefahren
    - Eiswurf/Eisfall
    - Turmversagen
    - Abwurf oder Abfall von Bauteilen wie Rotorblatt und Gondel
  - Struktur orientiert sich am Prozessschema der ISO 31000:



Inhalt

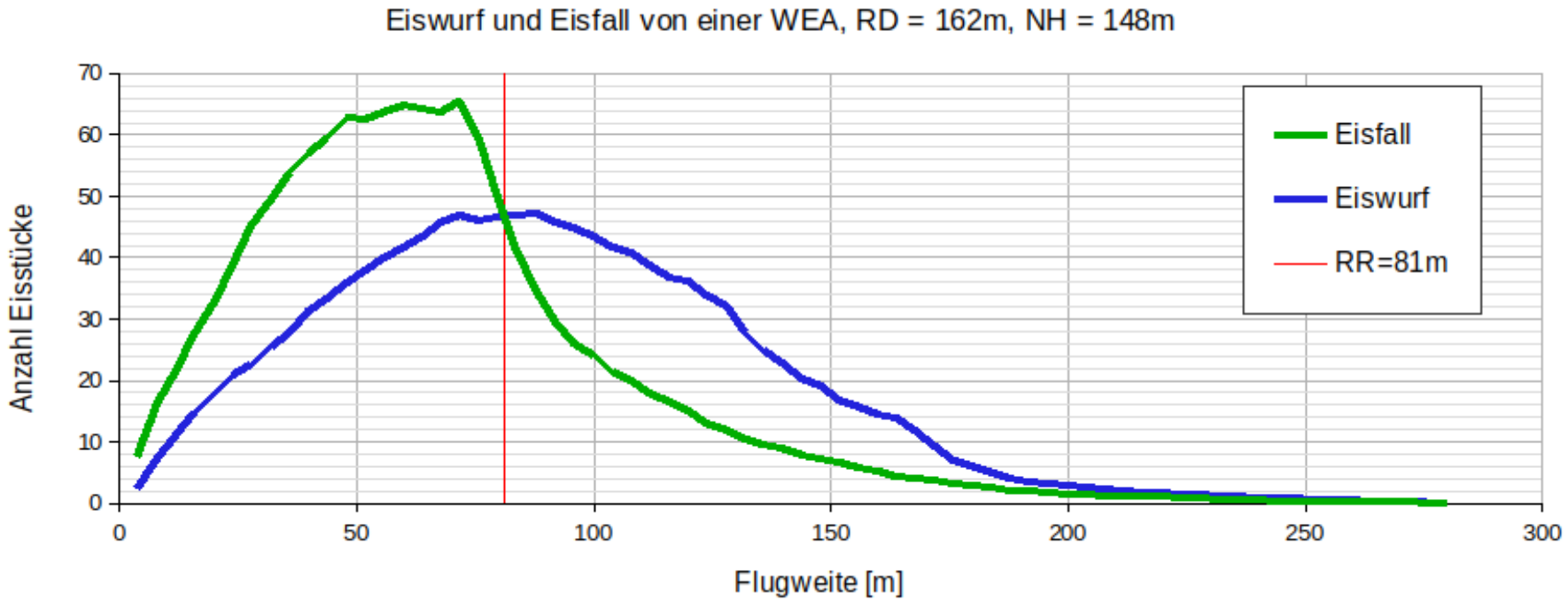
- Vorschriften und Normen
  - Bestehendes und laufende Aktivitäten
- Eiswurf/Eisfall, Bauteilversagen
  - Randbedingungen und Berechnung
- Risikobewertung
  - Risiken und Kriterien
- Risikominimierung
  - Quantitative und qualitative Risikoreduzierung

Eiswurf/Eisfall: Randbedingungen



- Hohe Flugweite begünstigt durch:
  - abfallendes Gelände in Wurfrichtung
  - hohe Windgeschwindigkeit
  - hohe Anlagendrehzahl
  - Abwurf während der Aufwärtsbewegung des Blattes
  - Eisstück weit außen am Blatt
- Geringe Flugweite begünstigt durch:
  - flaches oder ansteigendes Gelände in Wurfrichtung
  - niedrige Windgeschwindigkeit
  - niedrige Anlagendrehzahl
  - Abwurf während der Abwärtsbewegung des Blattes
  - Eisstück nahe der Blattwurzel

Eiswurf/Eisfall - Flugweitenverteilung

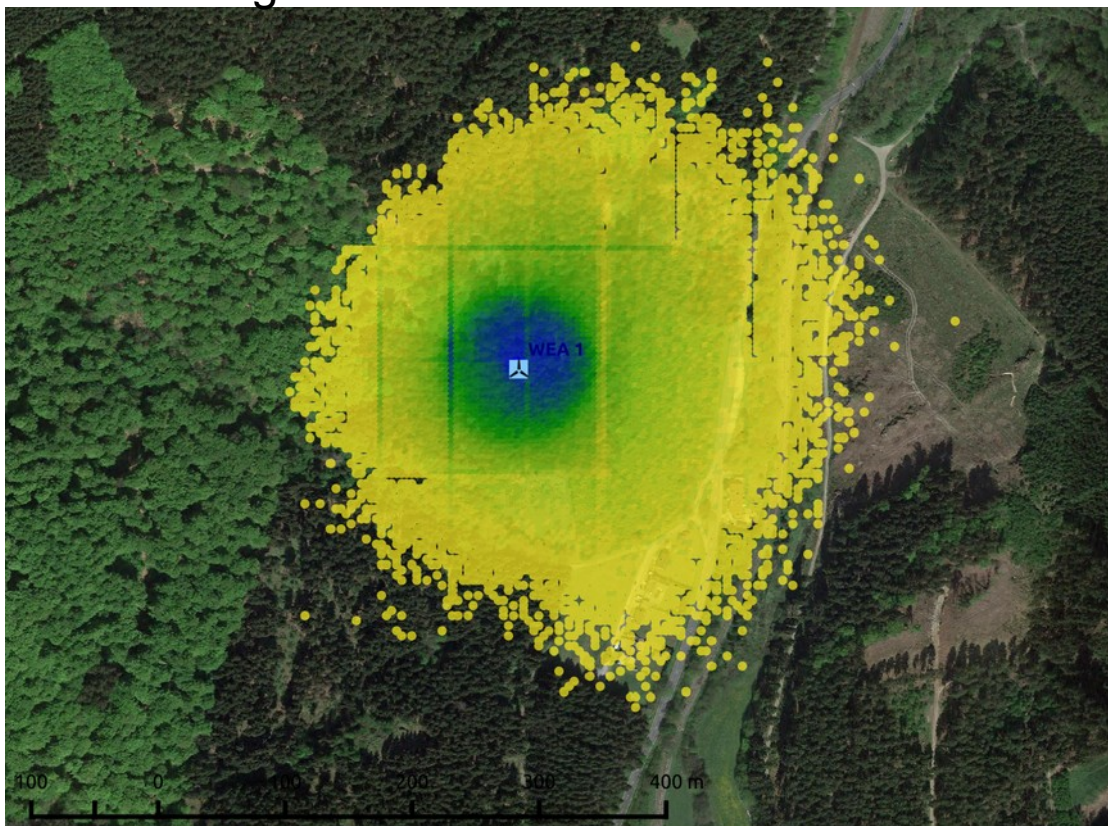


Eiswurf/Eisfall - Software F2E

- 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 und der Blätter

- Flugbahn eines dreidimensionalen Eisstückes
- Berücksichtigung eines Geländemodells
- Im Rahmen der Entwicklung der IEA Recommendations anhand von Messkampagnen in realen Windparks validiert

Trefferhäufigkeiten von Eisstücken:



Bauteilversagen

- Eintrittshäufigkeit pro WEA
  - Eiswurf/Eisfall: Größenordnung 1000 mal pro Jahr = 10^{3}
  - Bauteilversagen: Größenordnung alle 1000 Jahre = 10^{-3}
- Berechnung Blattbruch analog zu Eiswurf
  - Bruchstücke unter Berücksichtigung der Trägheitsmomente, Geometrie und aller aerodynamischen Beiwerte
- In der Regel ist das Eiswurf-Risiko führend

Inhalt

- Vorschriften und Normen
  - Bestehendes und laufende Aktivitäten
- Eiswurf/Eisfall, Bauteilversagen
  - Randbedingungen und Berechnung
- Risikobewertung
  - Risiken und Kriterien
- Risikominimierung
  - Quantitative und qualitative Risikoreduzierung

Risikobewertung: Beispiel

Quelle: Polizei Hessen, https://www.presseportal.de/blaulicht/pm/44143/3532663

Risikobewertung: Beispiel

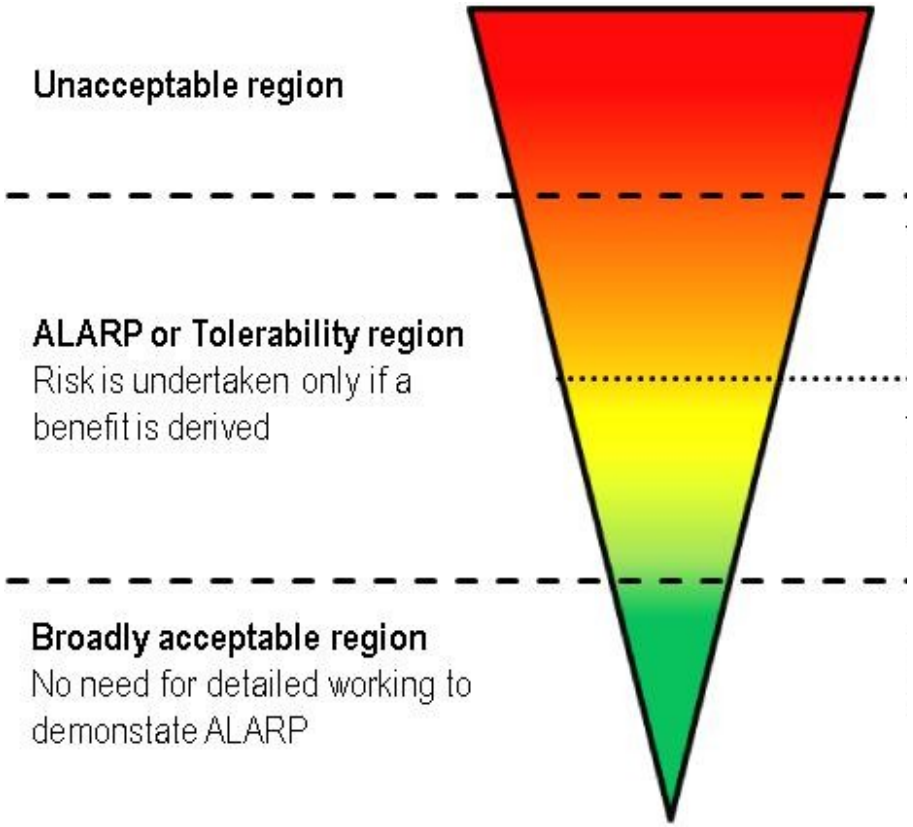
- Fotobeispiel:
  - Kassel - A 49 Januar 2017: Eine von einem Sattelzug herabstürzende 6cm dicke Eisscholle durchschlägt die Windschutzscheibe und trifft die Fahrerin am Kopf.
- Personenschäden durch Eiswurf/Eisfall von WEA:
  - bei gut 29.000 WEA in Deutschland (Stand Ende 2020) ist bislang **kein** Vorfall bekannt.

Risikobewertung - Definitionen

- Risiko:
  - Kombination aus Schadenshäufigkeit und Schadenshöhe
- Tolerables Risiko:
  - Risiko, das in einem gegebenen Zusammenhang auf Grundlage der aktuellen gesellschaftlichen Wertvorstellungen akzeptiert wird.
- Schaden allgemein:
  - Physische Verletzung von Personen, Gütern und Viehbestand
- Schäden (Scope IEC 61400-31):

	In Scope	Out of Scope
Betroffen	- Personen - Objekte, deren Beschädigung zu direkten Personenschäden führen können (Pipelines, Deiche etc.)	- Personen, die mit dem Betrieb und Wartung der WEA betraut sind - Objekte im Allgemeinen (Sachschäden) - Viehbestand
Inkubationszeit	Sofort auftretende Schäden	Spätfolgen
Schadenshöhe	Potentiell tödlich	Nicht potentiell tödliche Schäden

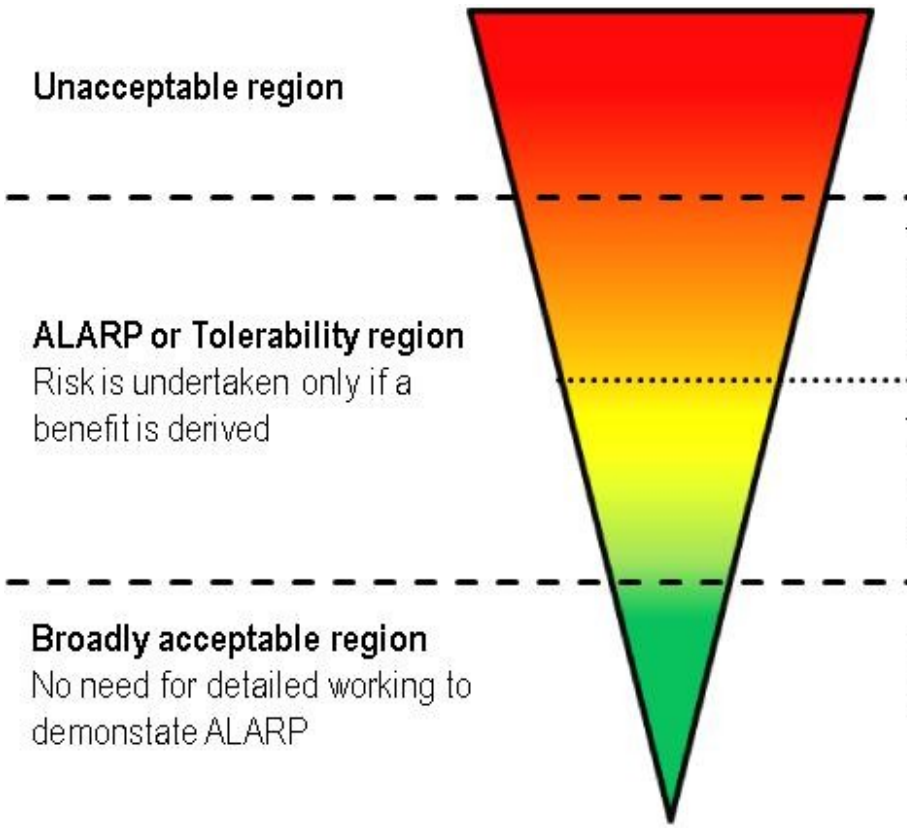
Risikobewertung: ALARP nach IEA



- **Rot**: Risiko inakzeptabel
- **Orange/Gelb**: ALARP-Bereich

  As low as reasonably practicable
- **Grün**: Risiko uneingeschränkt akzeptabel

Risikobewertung: Grenzwerte nach IEA



MEM-Kriterium

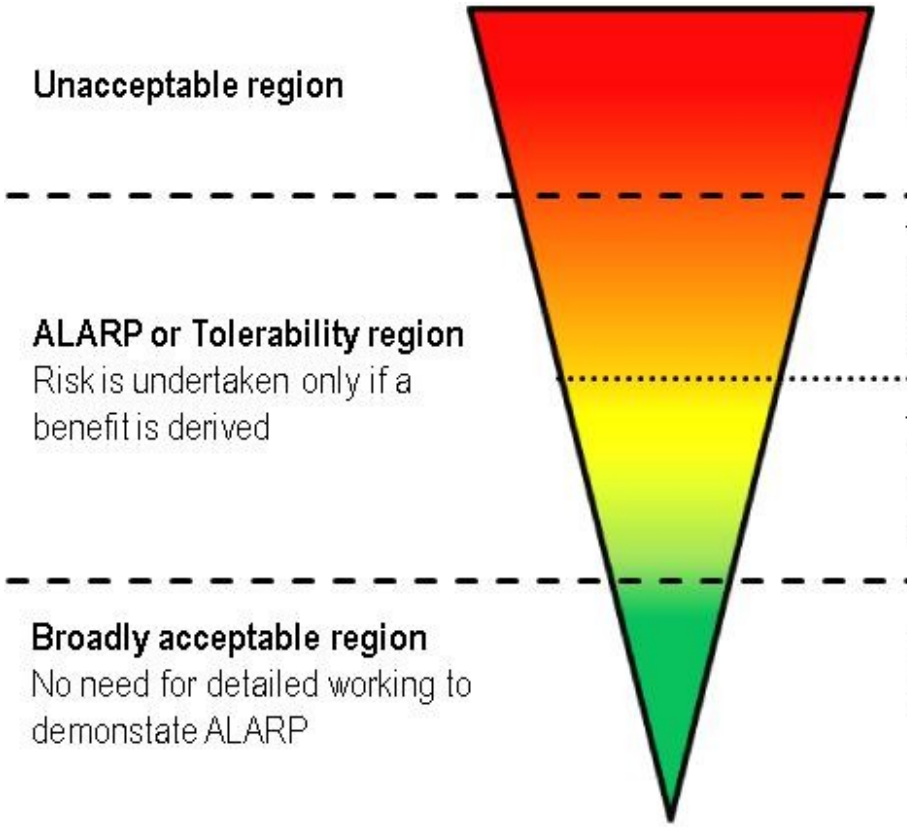
F-1-Kriterium

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

Inhalt

- Vorschriften und Normen
  - Bestehendes und laufende Aktivitäten
- Eiswurf/Eisfall, Bauteilversagen
  - Randbedingungen und Berechnung
- Risikobewertung
  - Risiken und Kriterien
- Risikominimierung
  - Quantitative und qualitative Risikoreduzierung

Risikominimierung: ALARP



- Roter Bereich
  - Risiko inakzeptabel - Maßnahmen sind einzuleiten und nachzuweisen
- 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

Risikominimierung: Quantitativ

- Quantitative Risikoreduzierung (immer wenn Risiko inakzeptabel):
  - Eiswurf/Eisfall:
    - Eiserkennungssystem (Eiswurf → Eisfall)
    - Fixierung der Azimut-Position des Rotors nach Eisabschaltung
    - Änderung der Betriebsweise der WEA
    - Geschwindigkeitsbegrenzungen für Fahrzeuge
  - Eiswurf/Eisfall und Bauteilversagen:
    - Kleinere WEA
    - Standortverschiebung der WEA
    - Verlegung des Schutzobjektes (z.B. des Verkehrsweges)

Risikominimierung: Qualitativ

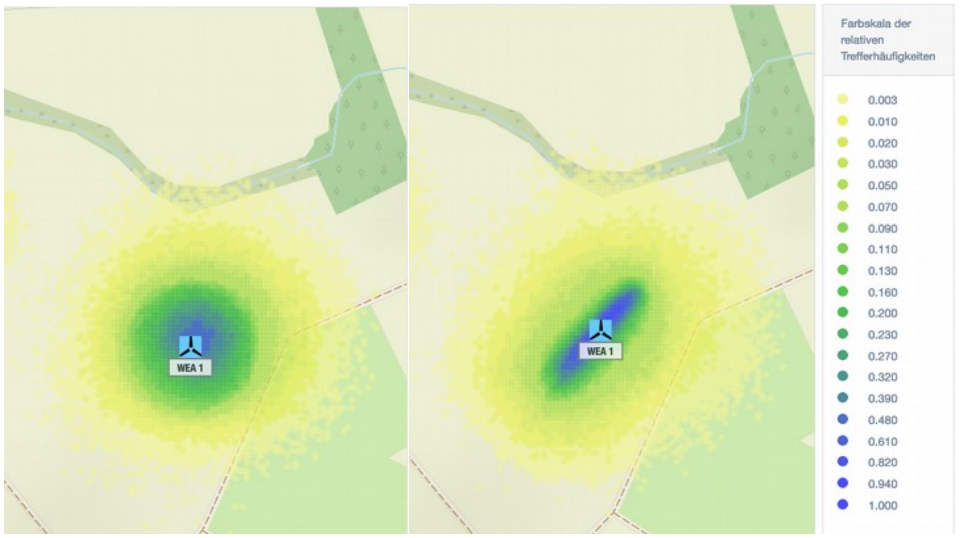
- Maßnahmen, die sich nicht exakt quantifizieren lassen:
  - Einsatz einer zusätzlichen zertifizierten Eiserkennung
  - Aufklärung und Sensibilisierung der Öffentlichkeit
  - Generelle „quantitative“ Maßnahmen nach IEA (nicht hinreichend, wenn Risiko inakzeptabel):

Category	Safety measures	Risk reduction (RRF)	Appropriate for
Reduction of likelihood of presence	Warning signs of ice fall conditions	1 to 10	Minor roads and paths
	Warning light connected to the ice detection system on the turbine in combination with warning signs	10 to 100	Minor roads and paths
	Physical barrier (official road closure) and signs	10 to 100	Roads and official frequently used hiking paths

Quelle: IEA International Recommendations Ice Fall and Ice Throw Risk Assessments

Risikominimierung: ALARP

- As low as reasonably practicable
  - Maßnahme muss mit akzeptablen Kosten verbunden sein
  - Standortspezifisch muss bewertet werden, welche Maßnahme nützlich und praktikabel ist
- Typische Maßnahmen bei Eiswurf/Eisfall:
  - Einsatz einer (zertifizierten) Eiserkennung
  - Warnschilder
  - Fixierung der Azimut-Position nach Eisabschaltung:



Ausblick

- Die IEA Empfehlungen haben sich in der Praxis bewährt und sind akzeptiert
- Nicht durch die IEA Empfehlungen geregelt, aber notwendig:
  - Berücksichtigung der Addition von Risiken. Das kann die Berücksichtigung bereits bestehender WEA am Standort erfordern
- Weitere Risiken:
  - Berücksichtigung eines Gesamtrisikos durch Eiswurf/Eisfall, Bauteilversagen (und Brand)
  - Dies wird momentan durch die Aktivitäten der IEC aufgegriffen

F2E
Fluid & Energy Engineering
Ingenieurbüro für Windenergieanlagen und Energietechnik.
+49 40 53 30 36 80-0
www.f2e.com