

Eiswurf und Eisabfall – Risikobewertung bei der Standortplanung

F2E GmbH & Co. KG
Silva Mäusling
Steffen Wussow
Dr. Thomas Hahm



Eiswurf von WEA findet statt:



Muster-Verwaltungsvorschrift

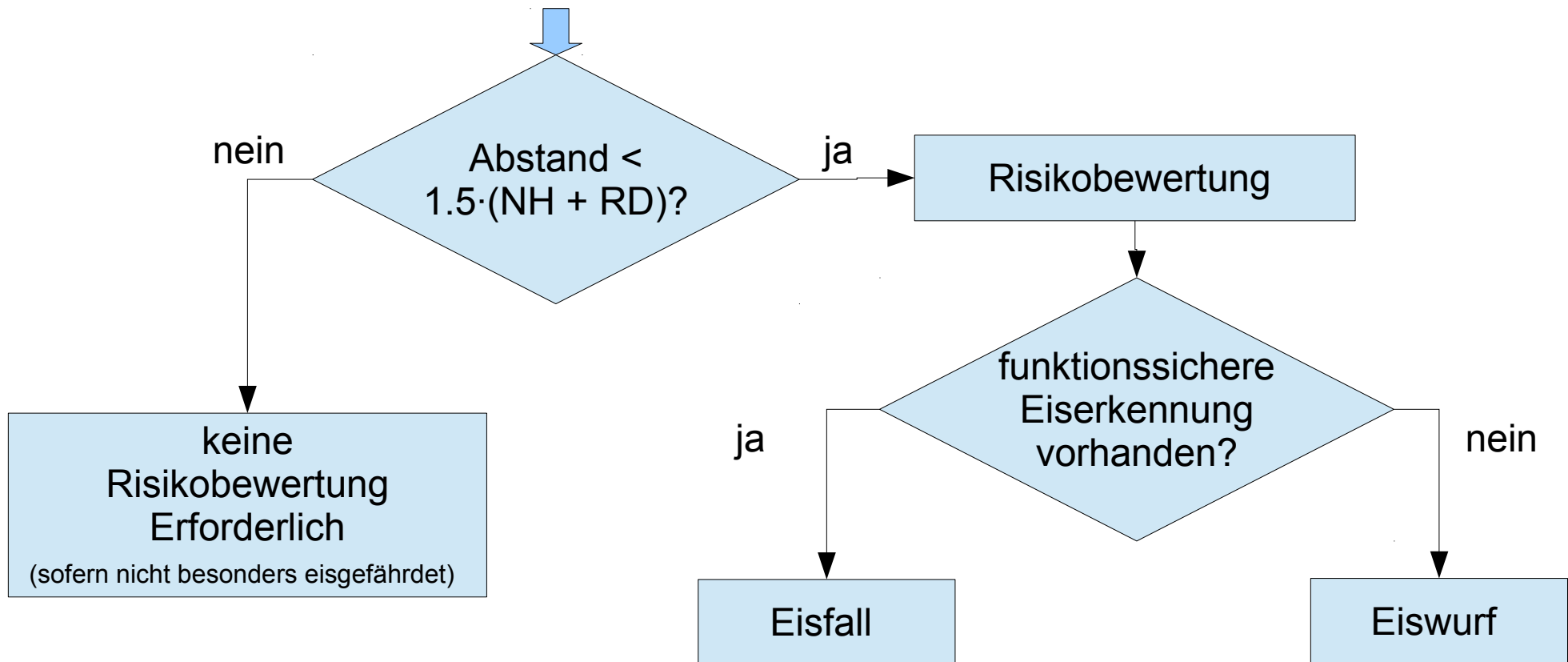
Technische Baubestimmungen - MVV TB

- 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



Übersicht Eiserkennung:

- Systeme ohne Zertifizierung:
 - Leistungskurvenverfahren: Abweichung von der Soll-Kennlinie aufgrund verschlechterter Aerodynamik
 - Anemometer-Messung: z. B. Differenz zwischen Schalensternanemometer- und Ultraschallanemometer-Messung aufgrund vereister Anemometerschalen
 - Schwingungsüberwachung der WEA: Vibrationen infolge ungleichmäßigen Eisansatzes
- Systeme mit Zertifizierung:
 - IDD.Blade der Firma Wölfel: Detektion veränderter bauteilcharakteristischer Kennwerte wie der Eigenfrequenz des Rotorblattes
 - BID (VID) BLADEcontrol der Firma Weidmüller: Messung von zwei Eigenfrequenzen an den Blättern. Das System erkennt Eis auch im Trudelbetrieb, so dass die Anlage nach dem Abtauen selbstständig wieder in Betrieb genommen wird, soweit dies behördlich erlaubt ist.
 - Labkotec der Firma Labkotec Oy: Detektion mit einem Ultraschallverfahren



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



Bewertung des Risikos: Methodik

Arbeitsschritte:

1. Bestimmung der Anzahl der Vereisungsereignisse
2. Definition und Anzahl sich lösender Eisstücke
3. Berechnung der Flugbahnen
4. Ermittlung der Schadenshäufigkeiten und -höhen
5. Bewertung des Risikos

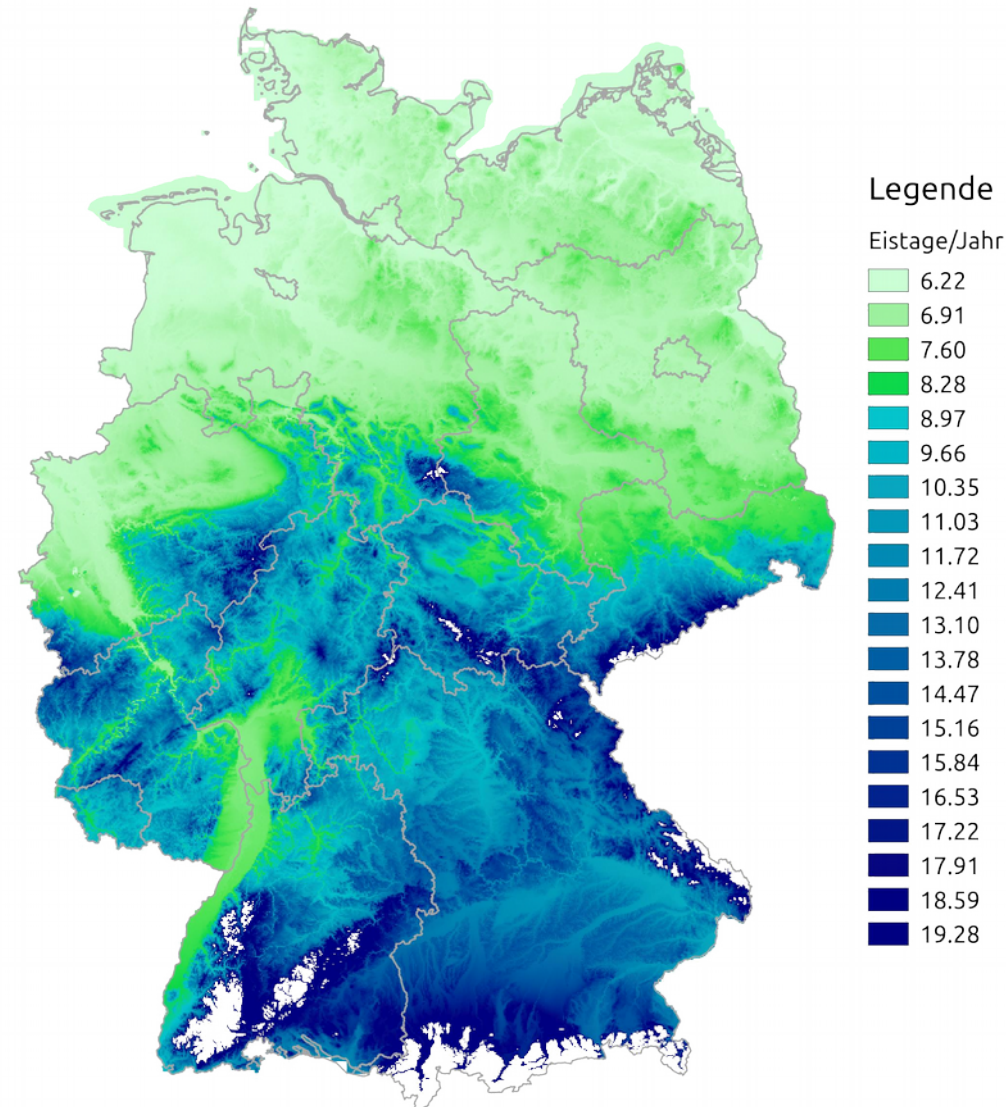


Eisbildung an WEA:

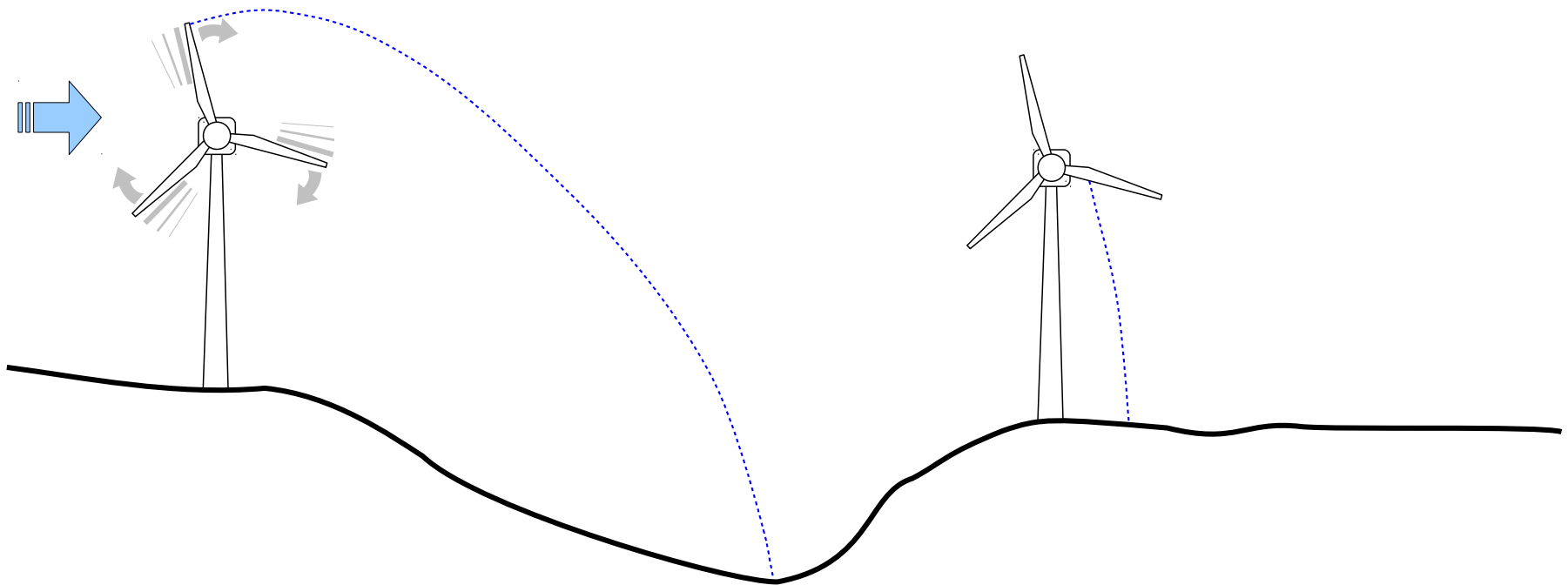
Vereisungsmechanismen:

- Vereisung tritt ein, wenn entweder unterkühlte Wassertropfen auf das Rotorblatt auftreffen oder die Oberflächentemperatur des Rotorblattes unterhalb des Reifpunktes liegt und Wasserdampf auf der Oberfläche sublimiert.
- Temperaturbereich $\sim 0^\circ$ bis -20°C
 - Klareis
 - Raueis
 - Reif(eis)
- Niederschlagsbedingte Vereisung
 - dominiert in niedrigen Höhen
- In-Cloud-Vereisung
 - dominiert in großen Höhen

DWD 2013: Studie zur räumlichen Verteilung der atmosphärischen Vereisung in Deutschland



Eiswurfberechnung



- Hohe Flugweite begünstigt durch:

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

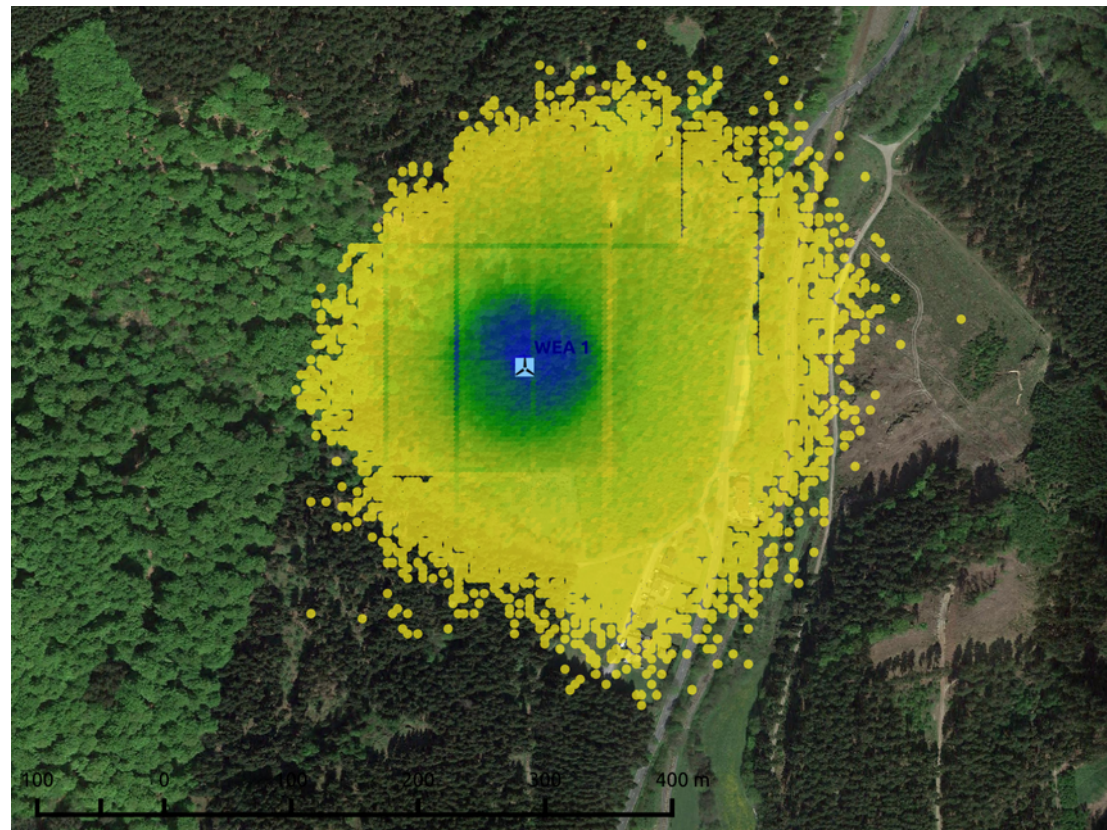
- Geringe Flugweite begünstigt durch:

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

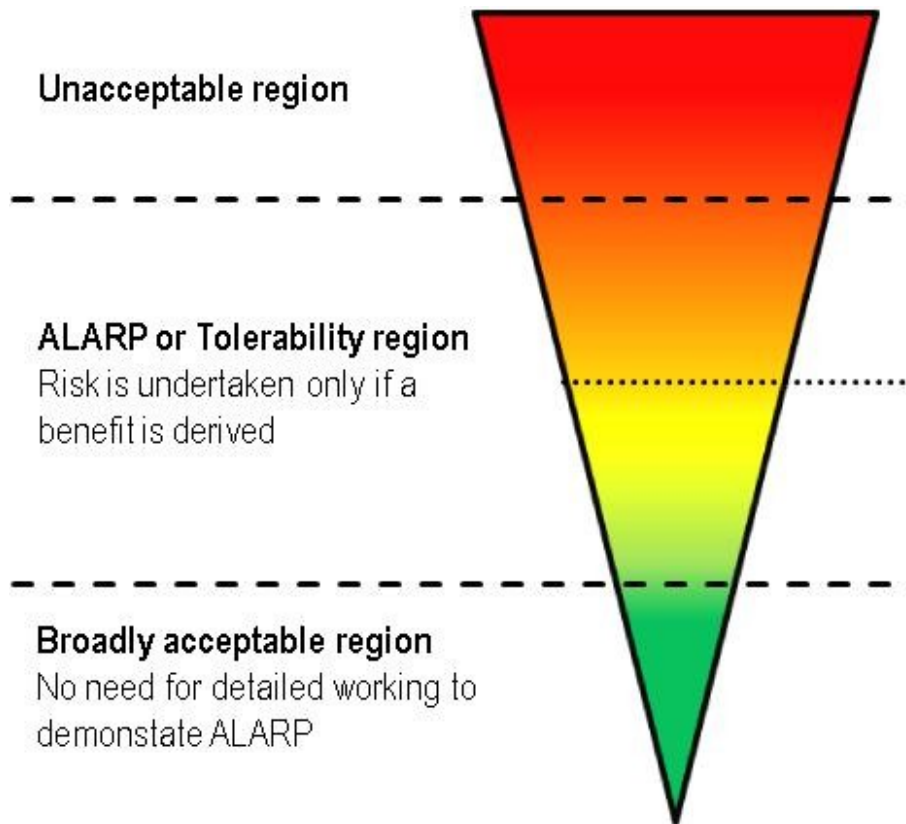


Eiswurfberechnung - Software F2E

- 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



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



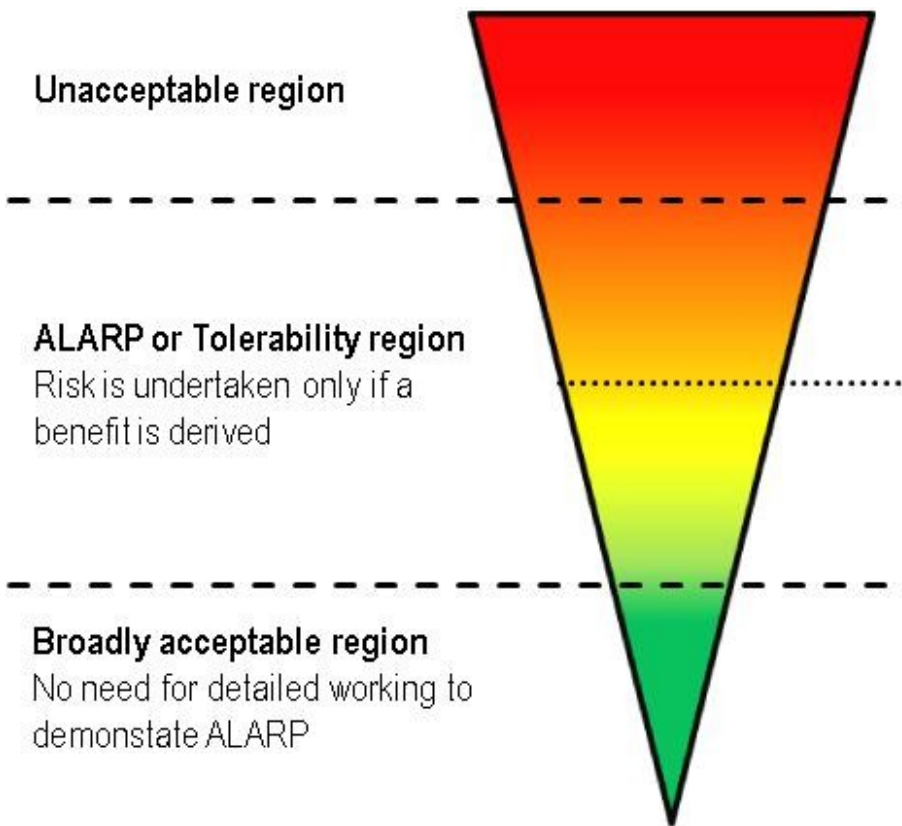
Risikobewertung: individuell - kollektiv

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



Risiko: Beispiele

- Sterberisiko im Straßenverkehr in Deutschland
 - Individuell:
 - $\sim 4 \cdot 10^{-5}$ Tote pro Jahr
 - Kollektiv bezogen auf die gesamte Bevölkerung:
 - 3.177 Tote pro Jahr (2017)
- Sterberisiko durch Eisfall/Eiswurf von WEA
 - Individuell:
 - Maximal (Grenze zum roten Bereich) $1 \cdot 10^{-5}$ Tote pro Jahr
 - Schätzwert: $1 \cdot 10^{-8}$ Tote pro Jahr
 - Kollektiv bezogen auf die gesamte Bevölkerung:
 - Maximal (30.000 WEA an der Grenze zum roten Bereich) 30 Tote pro Jahr
 - Schätzwert: < 1 Toter pro Jahr ($\ll 1$ Toter pro Jahr?)



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.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Für weitere Informationen finden Sie uns ganz in der Nähe am Stand 29 im Erdgeschoss die Treppe hinunter



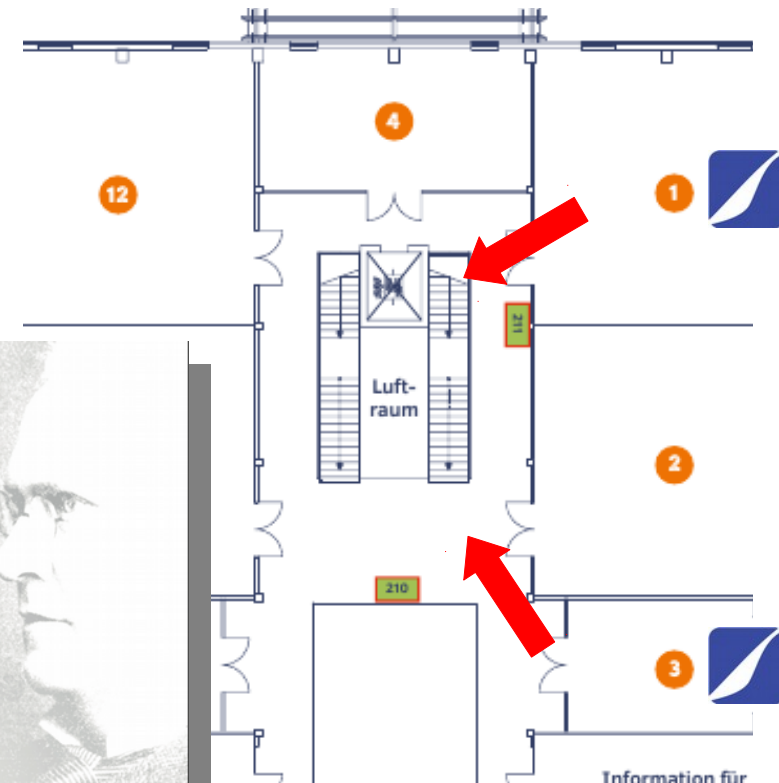
SIR HORACE LAMB (1849-1934)
Mathematician and Physicist

"I am an old man now, and when I die and go to heaven there are two masters on which I hope for enlightenment. One is quantum electrodynamics and the other is the turbulent motion of fluids. About the former I am rather optimistic."

"Wenn ich in den Himmel kommen sollte,
erhoffe ich Aufklärung über zwei Dinge:

Quantenelektrodynamik und Turbulenz.

Was den ersten Wunsch betrifft bin ich
ziemlich zuversichtlich."



Heute 16:55 – Forum 3:
Ausschreibungen & Standorteignung –
wake2e.de hilft Ihnen schnell weiter!

