

Eisfallgutachten für
eine Windenergieanlage
am Standort

Windpark Zell

(Hessen)

Datum: 22.05.2019

19-1-3004-002-EM

Auftraggeber:

TurboWind Energie GmbH

Vahrenwalder Straße 245 - 247 | 30177 Hannover

356003048

Bearbeiter:

Ramboll Deutschland GmbH

Dipl.-Ing. (FH) Timo Mertens

Breitscheidstraße 6

DE-34119 Kassel

Tel 0561 / 288 573-0

Fax 0561 / 288 573-19

Das vorliegende Eisfallgutachten für den Standort Windpark Zell (Hessen) wurde der Ramboll Deutschland GmbH im April 2020 von der TurboWind Energie GmbH in Auftrag gegeben und gemäß dem Stand von Wissenschaft und Technik nach bestem Wissen und Gewissen unparteiisch erstellt.

Für die physikalische Einhaltung der prognostizierten Ergebnisse des Eisfallgutachtens werden seitens des Gutachters keine Garantien übernommen.

Alle Rechte an diesem Bericht sind der Ramboll Deutschland GmbH vorbehalten. Dieses Dokument darf, mit Ausnahme des Auftraggebers, der Genehmigungsbehörden und der finanzierenden Banken, weder in Teilen noch in vollem Umfang ohne vorherige schriftliche Zustimmung der Ramboll Deutschland GmbH reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

	Nr.	Datum	Bearbeiter	Beschreibung
Original	000	07.02.2019	T. Mertens	Planung einer Windenergieanlage
Nachtrag	002	22.05.2020	T. Mertens	Änderung der Anlagenspezifikationen

Kassel, 22.05.2020



Dipl.-Ing. (FH) Timo Mertens
(Bearbeiter)



Jeany Behrens, M.Sc.
(Prüfer)

Inhalt:

1	Aufgabenstellung	4
2	Grundlagen	5
	2.1 Windenergieanlagen	5
	2.2 Automatische Eisabschaltung	5
	2.3 Vereisungspotential	6
	2.4 Hauptwindrichtung	8
	2.5 Rechtlicher Rahmen	10
3	Gefährdungsbereiche	13
4	Risikoanalyse	18
	4.1 Grundlagen der Risikoermittlung	18
	4.2 Grundlagen Bewertung des Risikos	19
	4.3 Risikoanalyse am Standort Windpark Zell	19
5	Literatur	21
6	Anhang	22

1 Aufgabenstellung

Der Auftraggeber plant am Standort Windpark Zell zwischen den Orten Alsfeld im Nordosten und Zell im Südwesten eine Windenergieanlage (WEA) des Typs Enercon E-138 EP3 mit 160 m Nabenhöhe zu errichten.

Für die Genehmigung ist eine Untersuchung zum Risiko durch Eisfall der geplanten WEA vorzulegen. Dazu soll die Wahrscheinlichkeit des Eisfalls und die Flugweite der Eisstücke der Windenergieanlage ermittelt werden. Weiterhin wird eine Risikobewertung des Eisfalls für die am Standort vorbeiführenden Straßen und Wege sowie sonstige Aufenthaltsbereiche von Menschen durchgeführt und die damit verbundene mögliche Gefährdung für Menschen abgeschätzt.

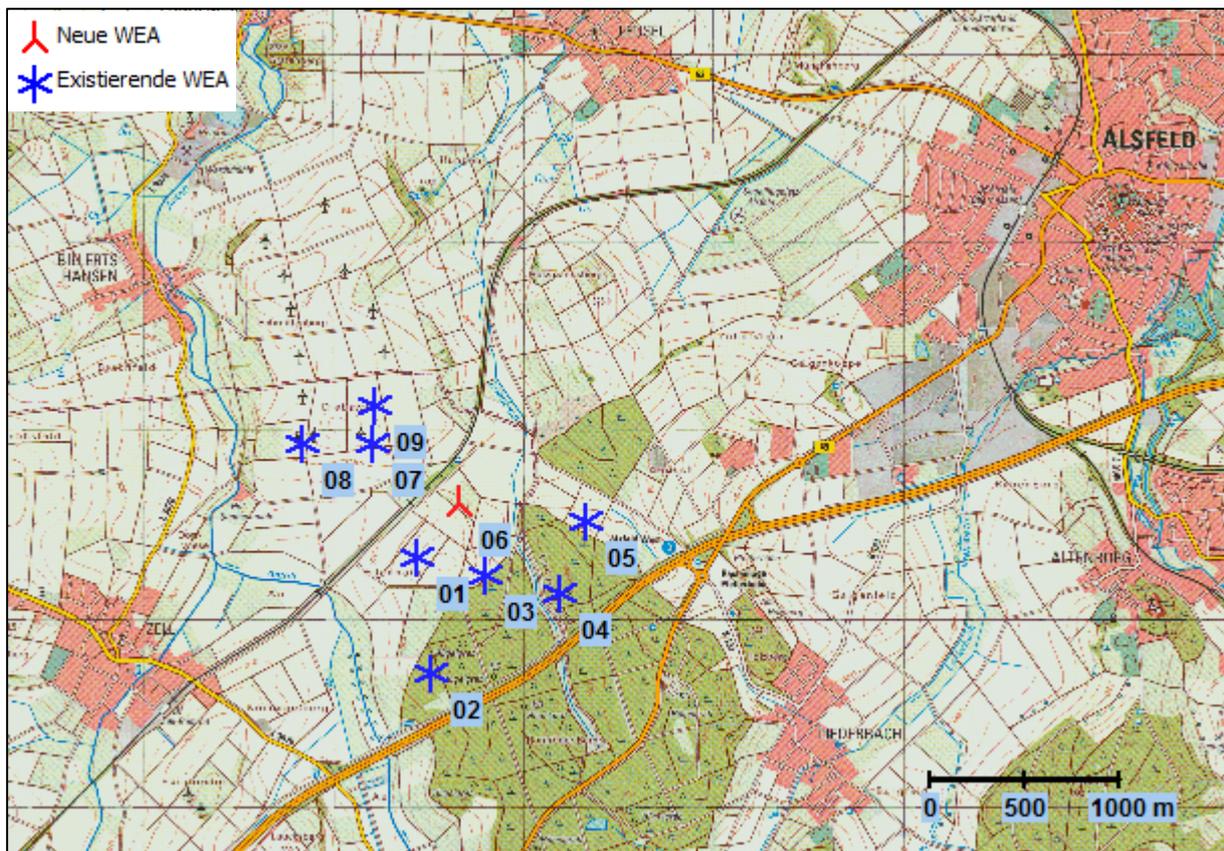


Abbildung 1: Übersichtskarte

Vor Ort existieren weitere WEA. Von diesen müssen zwei WEA (Nr. 01 und 03) wegen Ihrer Nähe zur geplanten WEA als Vorbelastung berücksichtigt werden.

2 Grundlagen

2.1 Windenergieanlagen

Am Standort Windpark Zell ist eine Windenergieanlage des Typs Enercon E-138 EP3 geplant. Die Koordinaten und Kenndaten der WEA können Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 1: WEA-Kenndaten

Bezeichnung	Typ	Nabenhöhe [m]	Rotordurchmesser [m]	Gesamthöhe [m]	UTM ETRS89, Zone 32	
					Rechtswert	Hochwert
06	Enercon E-138 EP3	160	138,25	229,13	515.664	5.620.612

2.2 Automatische Eisabschaltung

Für Windenergieanlagen stehen verschiedene Eiserkennungsmöglichkeiten zur Verfügung, welche die Anlagen bei Eisansatz stoppen. Bei Signalisierung eines der unten beschriebenen Mechanismen wird die Windenergieanlage bei Vereisung standardmäßig abgeschaltet und geht in den Trudelbetrieb über. Aufgrund der automatischen Eisabschaltung kommt es zu keinem Eiswurf im Leistungsbetrieb. Ein Trudelbetrieb mit 2,5 Umdrehungen pro Minute wird in den folgenden Berechnungen berücksichtigt.

Der folgende Mechanismus detektiert Eis am Rotorblatt von WEA des Herstellers Enercon:

- Eisansatzerkennung nach dem Kennlinienverfahren
Bei Temperaturen unter 2 °C wird das Verfahren automatisch aktiviert. Falls die erzielte elektrische Leistung von den Referenzwerten des unvereisten Produktionsbetriebs abweicht, wird von einer Veränderung der aerodynamischen Beiwerte der Rotorblätter aufgrund von Vereisung ausgegangen und die Anlage abgeschaltet. Im Vollastbetrieb wird bei Eisansatz u.U. dennoch die maximale elektrische Leistung erbracht, jedoch mittels Anpassung der Rotorblattwinkel. Deshalb werden zusätzlich die Rotorblattwinkel mit den Referenzwerten des unvereisten Betriebs verglichen und bei Abweichungen von einer Veränderung der aerodynamischen Beiwerte der Rotorblätter aufgrund von Vereisung ausgegangen und die Anlage abgeschaltet.

In diesem Gutachten wird vorausgesetzt, dass mindestens ein entsprechender Detektionsmechanismus in die Steuerung der geplanten WEA eingebaut wird.

Des Weiteren sind i.d.R. derartige technische Einrichtungen im Rahmen der verpflichtenden, wiederkehrenden Prüfung zur Standsicherheit bzw. bei Wartung der Anlagen mit zu prüfen und unterliegen somit einer turnusmäßigen Funktionsfähigkeitsprüfung /1/ /2/. Dementsprechend wird der Funktionssicherheit der automatischen Eisabschaltung genügend Rechnung getragen und es bedarf keiner weitergehenden deterministischen Risikoabschätzung.¹ Besondere deterministische Sicherheitskonzepte zu Abschaltssystemen bei Eisansatz sind bei Windenergieanlagen in aller Regel nicht gefordert. Einzuhalten ist der Stand der Technik i.S.d. § 49 I i.V.m. Abs. 2 Nr. 1 EnWG² i.V.m. § 5 I BImSchG³. Entsprechend müssen die technischen Einrichtungen zur automatischen Abschaltung durch eine gutachterliche Stellungnahme auf die Funktionssicherheit geprüft werden.⁴ Dies ist i.d.R. der Fall und wird hier angenommen.

2.3 Vereisungspotential

Vereisungen an Rotorblättern sind verschiedenartig und von diversen meteorologischen Bedingungen abhängig. Sie unterliegen bestimmten Wetterlagen, die mehrere Tage oder Wochen anhalten können. Eisansatz kann das gesamte Rotorblatt oder auch nur Teile, meist im Blattspitzenbereich, umfassen und entsteht im Wesentlichen durch Kondensation oder Sublimation des Wasserdampfes in der Luft. Die Eisbildung erfolgt am Blatt sowohl an der Vorder- und/oder Hinterkante, als auch an der Spitze, welche den höchsten Rotationsgeschwindigkeiten ausgesetzt ist.

Zur Abschätzung des Vereisungspotentials werden auf Grund des Fehlens realer Messdaten für den Standort Reanalysedaten der dänischen Firma ConWX /3/ herangezogen. Die ConWX-Daten sind Ergebnisse von Computersimulationen mit dem WRF-Modell (Weather Research & Forecasting Model) und beruhen auf Reanalysen des Europäischen Zentrums für Mittelfristvorhersage (ERA-Interim des ECMWF). Die Daten werden mit Hilfe einer mesoskaligen WRF-Modellkaskade bis auf eine Auflösung von drei Kilometer herunterskaliert. Die Güte des Reanalysedatensatzes

¹ Vgl. auch VG Minden, Beschluss v. 13.12.2012 – 11 L 529/12.

² Energiewirtschaftsgesetz vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970, 3621), das durch Artikel 6 des Gesetzes vom 13. Oktober 2016 (BGBl. I S. 2258) geändert worden ist.

³ Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 2. Juli 2013 (BGBl. I S. 1943) geändert worden ist.

⁴ Vgl. Windenergie-Erlass NRW

wird anhand von verschiedenen realen Messwerten in unterschiedlichen Regionen überprüft und kann zur Abschätzung eines möglichen Eisansatzes herangezogen werden. Für die Analyse wird ein Langzeitdatensatz für den Zeitraum 1993 bis 2017 in stündlicher Auflösung herangezogen. Als Eingangsdaten werden folgende Parameter verwendet:

- Temperatur in 100 m (T_{100}) über Grund;
- Relative Luftfeuchtigkeit (RF) in 2 m über Grund.

Zur Abschätzung des Vereisungspotenzials werden zwei Szenarien berechnet. Anhand der Datengrundlage und der Komplexität der meteorologischen Situationen können die folgenden Betrachtungen nur eine Abschätzung des möglichen Vereisungspotenzials geben. Szenario 1 zeigt auf wie viele Tage mit Vereisungsbedingungen (Eistage) meteorologisch im Jahr am Standort Windpark Zell durchschnittlich vorkommen können und dient der Überprüfung der Datengüte. Szenario 2 zeigt dagegen auf, an wie vielen Tagen im Jahr mit Eisansatz an den Rotorblättern zu rechnen ist.

In den Berechnungen werden auch die Monate des Sommerhalbjahrs (April bis September) berücksichtigt, selbst wenn die Wahrscheinlichkeit von Eisansatz an den WEA in diesen Monaten sehr gering ist.

Ein Eistag ist ein Tag, an dem meteorologisch das Maximum der Lufttemperatur unterhalb des Gefrierpunktes (unter $0,0\text{ °C}$) liegt, d.h. es herrscht Dauerfrost /5/. In Szenario 1 wird dieses Kriterium unter Zuhilfenahme des ConWX-Datensatzes angewandt. Für die Referenzperiode 1993 bis 2017 ergeben sich durchschnittlich 22,8 Eistage pro Jahr, was einer Häufigkeit von ca. 6,3 % entspricht. Eine Analyse des Deutschen Wetterdienstes stützt diese Ergebnisse, in der 20 bis 30 Eistage für die Referenzperiode 1961 bis 1990 berechnet worden sind /5/. In der Analyse des DWD wurden reale Stationsdaten mittels statistischer Verfahren auf eine Gitterstruktur mit 1-km Raster übertragen. Eine Darstellung befindet sich im Anhang.

Das zweite Szenario berücksichtigt zusätzlich den Einfluss der Luftfeuchtigkeit (RF), um mögliche Vereisungen der Rotorblätter abzuschätzen und das Potential für Eisansatz am Standort Windpark Zell zu ermitteln. Aufgrund der Komplexität der Atmosphäre sowie der zur Verfügung stehenden messbaren meteorologischen Parameter kann nur eine Abschätzung des tatsächlichen Vereisungspotenzials erfolgen.

Als Kriterium für Eisansatz werden nur Daten mit der Bedingung $T_{100} \leq 2 \text{ °C}$ und $RF \geq 95 \%$ verwendet. Hier wird im Gegensatz zu Szenario 1 die Temperatur leicht oberhalb des Gefrierpunktes berücksichtigt, da unter diesen Bedingungen bereits mit Eisansatz zu rechnen ist. Daten der relativen Luftfeuchte lagen nur für 2 m über Grund vor. Um die Höhendifferenz dieser Daten im Vergleich zur WEA-Nabenhöhe zu berücksichtigen, werden konservativ alle Werte $\geq 95 \%$ zugelassen.

Daneben werden Faktoren, wie die Inkubationszeit und die Erholungsphase, berücksichtigt. Die Inkubationszeit ist die Zeit, die benötigt wird, bis es zu einem tatsächlichen Eisansatz an der WEA kommt. Die Dauer ist dabei u.a. abhängig von der Oberflächenbeschaffenheit als auch deren Temperatur, dem Wassergehalt sowie der Größe der Wassertropfen in der Luft. Die Erholungsphase ist die Zeit, in der das Eis schmilzt (sublimiert) und abfällt.

Die Auswertung der Jahre 1993 bis 2017 für den Standort Windpark Zell ergibt im Durchschnitt 6,4 Vereisungstage pro Jahr. Die jährliche Vereisungshäufigkeit entspricht somit etwa 1,8 %. Diese Werte werden in der folgenden Risikoanalyse herangezogen.

2.4 Hauptwindrichtung

Die Windrichtungsverteilung der im Kapitel 2.3 zugrunde gelegten Daten nach Anwendung des Kriteriums $T_{100} \leq 2 \text{ °C}$ und $RF \geq 95 \%$ (Szenario 2) ist in Abbildung 2 dargestellt. Die verwendete Windgeschwindigkeit und -richtung beziehen sich auf eine Höhe von 200 m über Grund. Die gezeigten Windgeschwindigkeiten unterliegen keiner Skalierung und repräsentieren den „worst-case“. Die Hauptwindrichtungen (Referenzperiode 1993 bis 2017) sind Westsüdwest (20,9 %) und West (16,9 %). Die höchsten mittleren Windgeschwindigkeiten liegen bei bis zu 11,1 m/s (vgl. Tabelle 2).

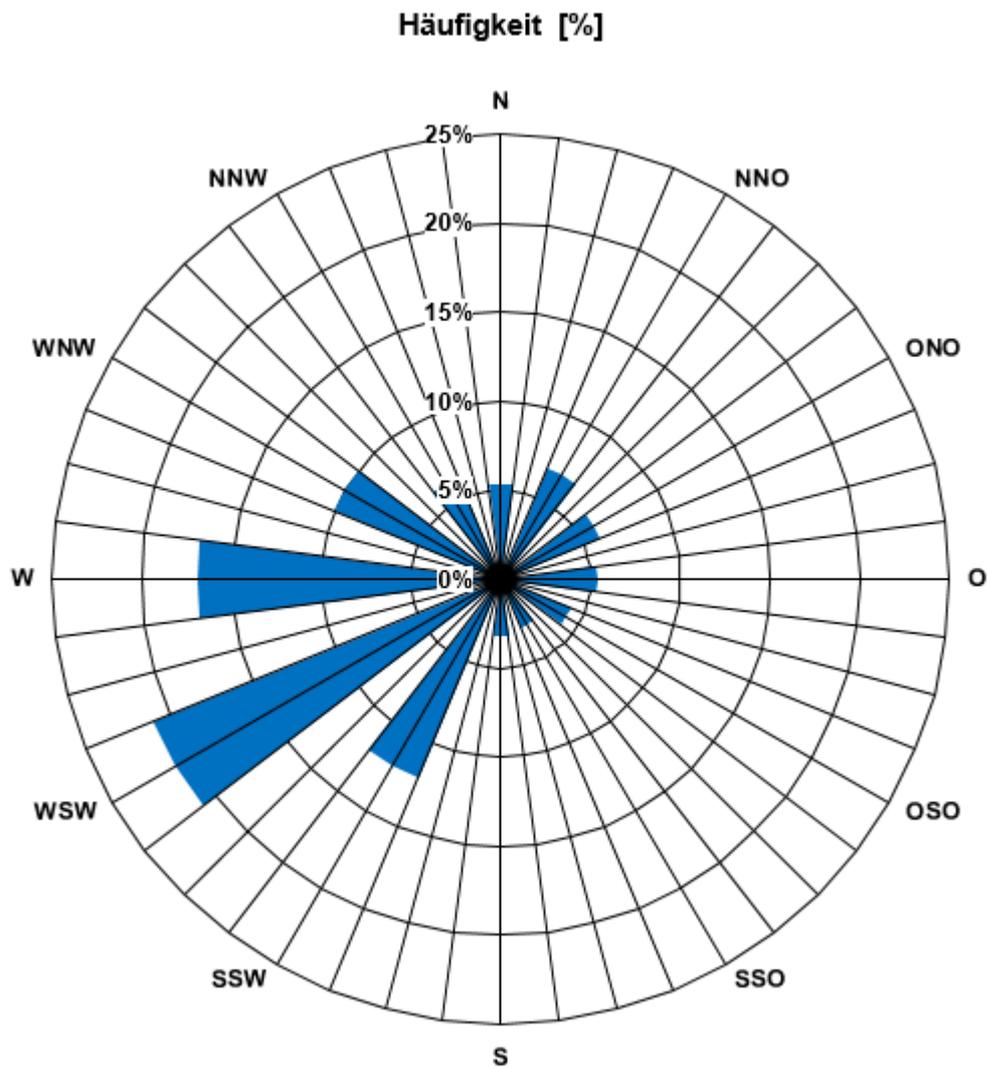


Abbildung 2: Windrose der gefilterten Daten in 200 m Höhe nach Szenario 2 für die Jahre 1993 bis 2017 am Standort Windpark Zell

Tabelle 2: Mittlere Windgeschwindigkeit und Häufigkeit in 200 m Höhe in Abhängigkeit der Windrichtung der gefilterten Daten nach Szenario 2 für die Jahre 1993 bis 2017 am Standort Windpark Zell

Windrichtungssektor	Häufigkeit [%]	Mittlere Windgeschw.[m/s]
N	5,4	6,9
NNO	6,8	7,4
ONO	5,9	6,8
O	5,4	7,2
OSO	4,2	6,7
SSO	2,9	7,0
S	3,2	7,8
SSW	12,1	11,1
WSW	20,9	10,9
W	16,9	9,6
WNW	10,0	7,9
NNW	6,2	6,9

2.5 Rechtlicher Rahmen

Spezifische Regelungen zum Umgang mit Risiken aufgrund von Vereisungserscheinungen an WEA kennt das deutsche Recht nicht. Entsprechend kommen insbesondere allgemeine Rechtsregelungen nach Bau- und Anlagenrecht in Betracht, um die Genehmigungsfähigkeit der WEA zu bewerten und so die Fragen des Risikos bzw. erforderlicher Vorsorge- und/oder Abwehrmaßnahmen zu beantworten. Eisfallerscheinungen erfüllen zwar nicht den Tatbestand der schädlichen Umwelteinwirkung i.S.d. § 3 I u. II BImSchG, könnten allerdings als sonstige Gefahren i.S.d. § 5 I Nr. BImSchG gelten /7/. Auch hat sich die Frage der Risikobewertung am bau- bzw. bauordnungsrechtlichen Regelungsgehalt zu orientieren, das im Rahmen der Genehmigungsvoraussetzungen i.S.d. § 6 I Nr. 2 i.V.m. § 13 BImSchG zu beachten ist. Zum Beispiel sind gemäß § 3 I LBO⁵ bauliche Anlagen so anzuordnen und zu errichten, dass die öffentliche Sicherheit und

⁵ Landesbauordnung für Baden-Württemberg (LBO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 5. März 2010, (GBl. Nr. 7, S. 588).

Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit oder die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht bedroht werden und dass sie ihrem Zweck entsprechend ohne Missstände benutzbar sind. Der Inhalt des § 3 I LBO ist Ausdruck der staatlichen Schutzpflichten abgeleitet aus den Grundrechten nach Art. 2 II 1 GG und Art. 20a GG, mithin die Vorsorge und Schutz vor potenziellen Gefahren zur Sicherheit der Grundrechte. Allerdings muss nicht mit absoluter Sicherheit eine Grundrechtsgefährdung ausgeschlossen werden, da dies jegliche Nutzung von Technik ausschließen würde.⁶ Entsprechend stellt sich die Frage ‚Wie sicher ist sicher genug?‘ bzw. wie ist das Risiko von Eisfall von WEA angesichts der staatlichen Schutzpflichten zu bewerten?

Unter dem Begriff des Risikos wird die Möglichkeit eines ungewissen Schadenseintritts verstanden. Hierbei kommt dem Begriff der Gefahr eine „Schlüsselrolle“ zu, denn nicht jede Möglichkeit eines Schadenseintritts begründet auch eine Gefahr, die nicht hinzunehmen und entsprechend abzuwehren ist. Die Annahme der Gefährdungsbegründetheit steigt mit der Schwere und Häufigkeit des möglicherweise anzunehmenden Schadensausmaßes und Schadenseintritts /7/.

Die Rechtsprechung hat die Frage des Risikos im Zusammenhang mit Vereisungserscheinungen bei WEA in diversen Entscheidungen tiefergehend betrachtet.⁷ Danach ist zunächst eine Gefährdung durch Eiswurf anzunehmen und im Einzelfall zu bewerten. Bei installierten Eiserkennungs- bzw. Eissensoren und entsprechender Abschaltung der Anlage besteht i.d.R. eine Gefährdung durch Eiswurf nicht mehr.⁸ Eisdetektionssysteme können das Restrisiko – gemessen am „Maßstab der praktischen Vernunft“⁹ – maximal erforderlich minimieren.¹⁰ Anzumerken in diesem Zusammenhang ist, dass bei Fehlen von Eiserkennung oder Sensoren die Genehmigungsfähigkeit nicht zwingend in Frage gestellt ist. Beispielweise reichen nach den Windenergieerlassen Niedersachsen und Bayern auch entsprechende Abstände zu den nächstgelegenen gefährdeten Objekten (1,5 x [Rotordurchmesser + Nabenhöhe]) und es bedarf keiner gesonderten

⁶ BVerfGE 49, 89 (142 f.).

⁷ VG Ansbach, Beschluss v. 19.12.2000 – AN 9 00.01759 u.a.; VG Freiburg, Beschluss v. 28.08.2003 – Az. 1 K 820/03; VG Osnabrück, Urt. v. 30. 01. 2004 - 2 A 92/02; OVG Magdeburg, Beschluss v. 09.02.2006; OVG Magdeburg, Urt. 22.06.2006 – 2 L 23/04; VG Saarlouis, Urt. v. 30.07.2008 – 5 K 6/08; OVG NRW, Urt. v. 28.08.2008 – Az. 8 A 2138/06; VGH München, Beschluss v. 31.10.2008 – 22 CS 08.2369; OVG Rheinland-Pfalz, Urt. v. 29.10.2008 – 1 A 11330/07.OVG; OVG Koblenz, Urt. 12.05.2011 – 1 A 11186/08; VG Minden, Beschluss v. 13.12.2012 – 11 L 529/12.

⁸ VG Freiburg, Urt. v. 25.10.2005 - 1 K 653/04.

⁹ BVerfGE 49, 89 (143).

¹⁰ OVG Koblenz, Urt. v. 12.05.2011 – 1 A11186/08 = NVwZ-RR 2011, 759 (762).

technischen Schutzeinrichtungen. Verbliebende Risiken können als „allgemeine Lebensrisiken“ eingestuft werden.¹¹

Festzuhalten ist, dass Abschaltssysteme durch Eiserkennung und Eissensoren in aller Regel ausreichenden Gefahrenschutz bieten und entsprechend den gebotenen staatlichen Schutzpflichten Rechnung tragen. Zu bewerten bleibt demnach hier lediglich das Risiko des Eisabfalls bei stehenden bzw. im Trudelbetrieb befindlichen Rotoren der Anlagen. Um hierbei möglichst konservativ potenzielle Gefahren zu bewerten, werden Gefährdungsbereiche, Frequentierung, Schadensausmaß usw. über dem eigentlich erforderlichen Maß deutlich ausgeweitet. Dies betrifft auch die Anzahl der Eisstücke: Nach Langzeituntersuchungen des EU- Forschungsprojektes „Windenergy Production in Cold Climates“ (WECU-Projektes) ist i.d.R. mit weniger gebildeten Eiskörpern zu rechnen (ca. 200 Stück in drei Jahren), als im vorliegenden Gutachten zu Grunde gelegt werden.

¹¹ VG Osnabrück, Urt. v. 30. 01. 2004 - 2 A 92/02; VG Freiburg: Urt. v. 25.10.2005 - 1 K 653/04; OVG Magdeburg, Beschluss v. 09.02.2006; dem folgend vgl. OVG Rheinland-Pfalz, Urt. v. 29.10.2008 – 1 A 11330/07.OVG; sich anschließend vgl. OVG Lüneburg, Urt. v. 01.06.2010 – 12 LB 31/07.

3 Gefährdungsbereiche

Um das Risiko des Eisfalles zu minimieren und die Mechanik der WEA nicht zu beschädigen, wird vorausgesetzt, dass sich die geplante WEA vom Typ Enercon E-138 EP3 bei Eisansatz automatisch abschaltet und in den Trudelbetrieb übergeht. Das hier betrachtete Risiko von Eisfall besteht demzufolge nur bei stehendem bzw. im Trudelbetrieb befindlichen Rotor.

Die Eisfallweite ist abhängig von den folgenden Parametern:

- WEA-Gesamthöhe;
- Stand des Rotors;
- Gewicht des Eises;
- Größe des Eises;
- Windgeschwindigkeit;
- Umdrehungsgeschwindigkeit des Rotors.

Für die Betrachtung der maximalen Fallweite von Eisstücken wird ein Eisstück von 0,06 kg und einer Oberfläche von maximal 0,0025 m² betrachtet. Die maximale Fallweite für ein Eisstück dieser Beschaffenheit wird für jede Windgeschwindigkeitsklasse (0 bis 22 m/s) berechnet. Daraus werden in Abhängigkeit der Gesamthöhe der WEA und unter Berücksichtigung der maximalen Höhendifferenzen zwischen Turmfuß und der Umgebung für jede WEA 4 verschiedene Risikozonen (RZ) abgeleitet (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 3: Risikozonen und Eisfallweite

Windgeschwindigkeiten [m/s]	0-5 (RZ 1)	6-10 (RZ 2)	11-15 (RZ 3)	16-22 (RZ 4)
Maximale Fallweite WEA 06 [m]	95	128	185	273
Maximale Fallweite WEA 01 [m]	84	114	166	250
Maximale Fallweite WEA 03 [m]	85	114	164	248

Die folgende Abbildung 3 zeigt die maximale Abfallweite für jede der 4 RZ und alle Windrichtungen am Standort Windpark Zell. Es ist ersichtlich, dass sich die Eisfallbereiche der geplanten WEA nicht mit den Bereichen der bestehenden WEA 02, 04, 05, 07, 08 und 09 überschneiden. Folglich werden diese im weiteren Weiteren nicht berücksichtigt.

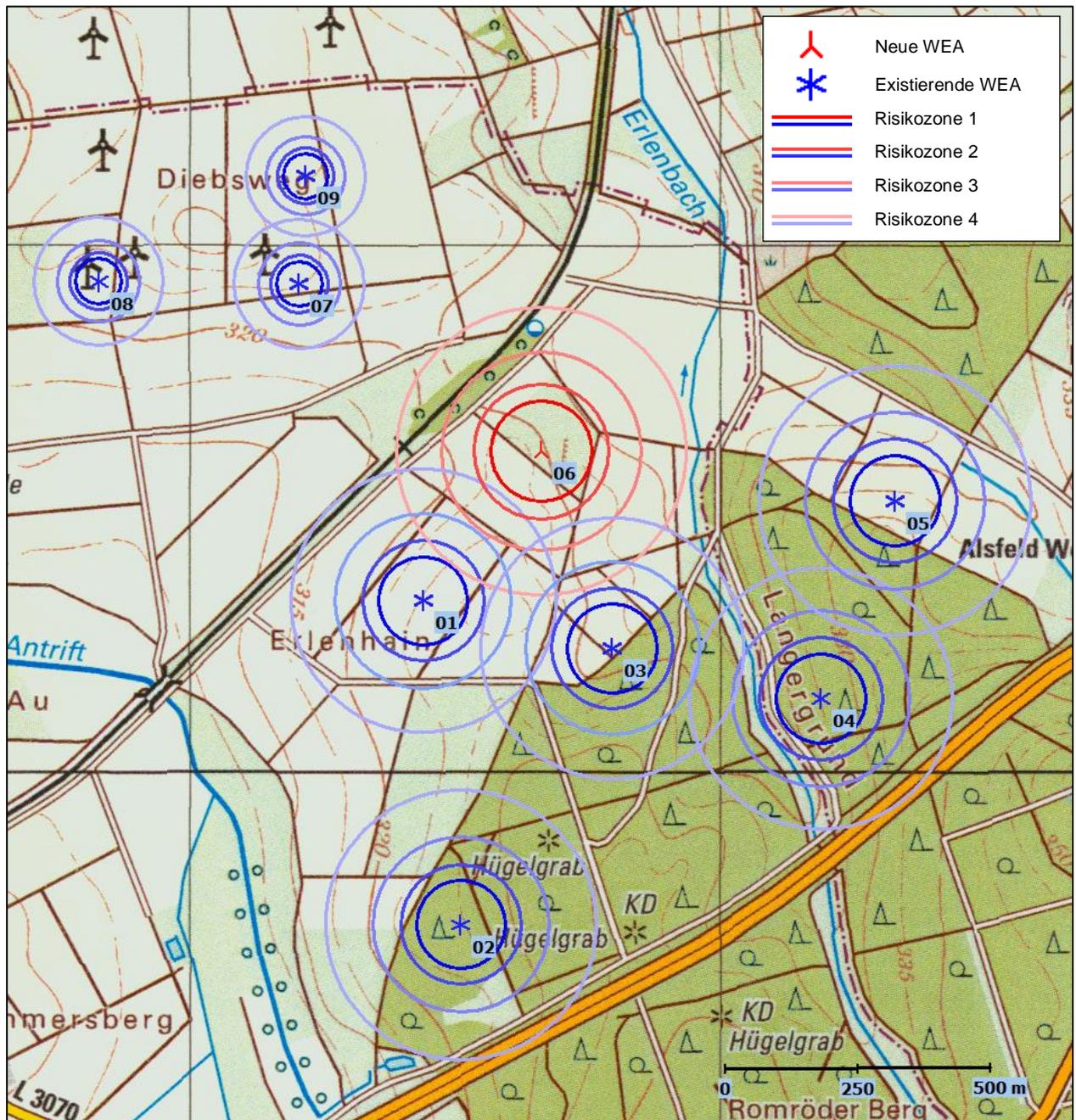


Abbildung 3: Risikozonen

Für die Risikobewertung des Eisfalls am Standort Windpark Zell wurden die in der Umgebung des Standorts liegenden Gefährdungsbereiche auf Basis einer detaillierten ATKIS-Karte und einer Standortbesichtigung am 24.01.2019 ermittelt und untersucht.

Maßgebliche Gefährdungsbereiche sind alle Aufenthaltsbereiche von Menschen im Freien, insbesondere Straßen und Wege sowie ggf. Arbeitsstätten o.ä., die in dem Bereich um die WEA

liegen, der von Eisfall betroffen sein kann. Die sich ergebenden relevanten Gefährdungsbereiche (GB) innerhalb der 4 Risikozonen sind in Abbildung 4 durch farbige Linien hervorgehoben.

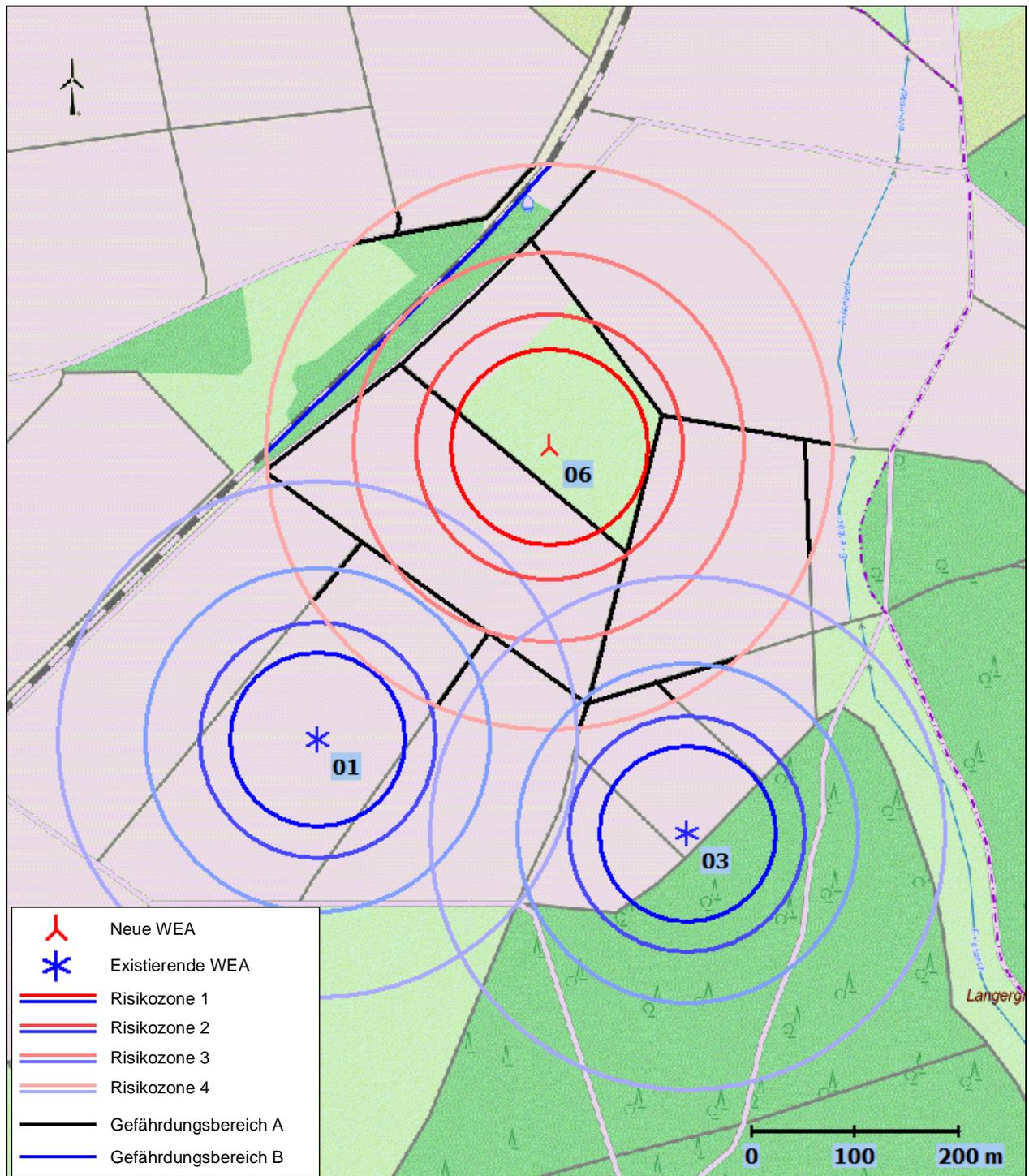


Abbildung 4: WEA 06 mit GB A und GB B

Bei Gefährdungsbereich A handelt es sich um verschiedene Wirtschaftswege, die durch alle Risikozonen der WEA verlaufen. Diese werden von Fußgängern (Gefährdungsgruppe P) und Kfz (Gefährdungsgruppe K) genutzt. Für die Gefährdungsgruppe P wird konservativ geschätzt ein durchschnittlicher Wert von 50 Personen pro Tag sowie für die Gefährdungsgruppe K ein Wert von 10 Kfz pro Tag angenommen. Für die Fußgänger wird eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 3 km/h und für die Kfz eine von 20 km/h herangezogen.

Bei Gefährdungsbereich B handelt es sich um die Bahntrasse zwischen Zell und Alsfeld. Nach dem Fahrplan am Bahnhof Zell fahren auf dieser Strecke bis zu 60 Züge pro Tag. Für die Züge (Gefährdungsgruppe Z) wird eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 50 km/h herangezogen.

Tabelle 4: Zusammenfassung Gefährdungsbereiche

Gefährdungs-		Bezeichnung	Frequentierung	Geschwindigkeit
Bereich	Gruppe			
A	P	Diverse Wirtschaftswege	50 Personen/Tag	3 km/h
	K	Diverse Wirtschaftswege	10 Kfz/Tag	20 km/h
E	Z	Bahntrasse	60 Züge/Tag	50 km/h

Die für die jeweiligen Gefährdungsbereiche in den verschiedenen Risikozonen relevanten Windrichtungen sind unterteilt in zwölf Bereiche in den nachfolgenden Tabellen 5 und 6 dargestellt. Für Risikozone 1 werden konservativ angenommen alle Windrichtungen berücksichtigt, da der Rotor während des Trudelbetriebs nicht unbedingt entsprechend der Windrichtung orientiert ist und somit bedingt durch die Größe der Rotorblätter je nach Rotorstellung Eisfall in allen Bereichen innerhalb der Risikozone unabhängig von der Windrichtung vorkommen kann.

Tabelle 5: Relevante Windrichtungen WEA 06

	RZ 1	RZ 2	RZ 3	RZ 4
GB A	Alle	OSO, SSW, WSW, W, WNW, NNW	NNO, ONO, OSO, SSO, S, SSW, W, NNW	N, NNO, ONO, O, OSO, SSO, S, W, WNW, NNW
GB B	-	-	OSO, SSO	O, OSO, SSO, S

Tabelle 6: Relevante Windrichtungen der Vorbelastungen für WEA 06

	GB A	GB B
WEA 01	S, SSW, WSW, W	-
WEA 03	SSO, S, SSW	-

Die Gefährdungsbereiche werden entsprechend Ihrer Lage einer Risikozone zugeordnet, für die in Kapitel 4 eine Risikobewertung auf Basis der in den Tabellen 4 bis 6 gelisteten Daten erfolgt.

4 Risikoanalyse

Innerhalb der Risikoanalyse wird zunächst das Risiko identifiziert bzw. werden die Wahrscheinlichkeiten aufgezeigt, die potenziell die Gefahrensituation auslösen. Die Schwere der potenziellen Gefährdungsannahme ergibt sich aus dem Ausmaß des Schadens (hier angenommen der Tod).

Um den ermittelten Risikowert in die Vorhabenentscheidung einfließen zu lassen, bedarf es der Bewertung des Risikos. Dabei wird festgestellt, ob das ermittelte Risiko als akzeptabel oder als inakzeptable mithin abzulehnende Gefahr einzustufen ist, woraufhin Abwehrmaßnahmen durchzuführen wären.

Das Risiko berechnet sich aus Eintrittswahrscheinlichkeit multipliziert mit Ausmaß des Schadens. Das Risiko bildet somit die Kennzahl zur quantitativen Beschreibung der Gefahr und entspricht im Grundsatz der vom Bundesverfassungsgericht entwickelten „je desto“-Formel bei der Ermittlung des Risikowertes.¹²

4.1 Grundlagen der Risikoermittlung

Die Eintrittswahrscheinlichkeit wird für eine Rasterzelle von 5x5 m² aus der Multiplikation der Eisfallhäufigkeit, der Treff- und Aufenthaltswahrscheinlichkeit berechnet. Es wird dabei konservativ angenommen, dass jeder Treffer außerhalb von Gebäuden auch zu einem Todesfall führt.

Dabei entspricht die Eisfallhäufigkeit der in Kapitel 2.3 ermittelten Anzahl an Eistagen (Szenario 2), multipliziert mit der zu erwarteten Anzahl an Eisstücken¹³ pro Rasterzelle und gewichtet mit der für den Gefährdungsbereich relevanten Windverteilung am Standort. Im Sinne einer konservativen Vorgehensweise wird für jeden Gefährdungsbereich innerhalb einer Risikozone die Summe aller relevanten Windrichtungen bei der Wahrscheinlichkeitsberechnung berücksichtigt.

Die Aufenthaltswahrscheinlichkeit basiert auf der Multiplikation einer Trefferfläche, bezogen auf die Rasterfläche mit der Aufenthaltsdauer in der Rasterfläche. Als Trefferfläche wird hier der Kopf einer Person bzw. die Frontscheibe eines Fahrzeugs angenommen. Die Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Personen bzw. Kfz wird unter Berücksichtigung einer angenommenen

¹² BVerfGE 49, 89 (142).

¹³ Es wird angenommen, dass sich an jedem Rotorblatt pro laufenden Meter drei Eisstücke pro Vereisungstag bilden.

Fortbewegungsgeschwindigkeit bzw. Aufenthaltsdauer, der Anzahl an Personen/Fahrzeugen pro Tag sowie der Anzahl an Eistagen pro Jahr berechnet. Im Sinne einer konservativen Vorgehensweise wird für einen Gefährdungsbereich innerhalb jeder Risikozone die maximale Anzahl an Personen bzw. Kfz berücksichtigt.

Die Trefferwahrscheinlichkeit basiert auf der berechneten Aufenthaltswahrscheinlichkeit in jeder Risikozone, gewichtet mit der Häufigkeit des Auftretens der relevanten Windgeschwindigkeiten.

4.2 Grundlagen Bewertung des Risikos

Um ein Risiko entsprechend der gegebenen Situationen zu bewerten, muss das Risiko quantifiziert werden. Hierbei wird auf das Prinzip der minimalen endogenen Mortalität (MEM) zurückgegriffen /8/. Die MEM beschreibt das Maß des akzeptablen Risikos, welches von der entsprechenden Technologie¹⁴ ausgeht. Die Sterblichkeitsrate beträgt $2 \cdot 10^{-4}$ Todesfälle pro Jahr¹⁵.

Gefahren, die von neuen Anlagen zu erwarten sind, dürfen zu keiner nennenswerten Erhöhung der minimalen endogenen Mortalität führen. Als Grenzwert wurde die Erhöhung der Sterblichkeitsrate auf kleiner als 10^{-5} Todesfälle pro Jahr festgelegt /8/. Wird der Grenzwert aufgrund des geplanten Vorhabens überschritten, ist von einer inakzeptablen Gefahr auszugehen, die abzulehnen wäre. Unterhalb dieser Schwelle bestehen weiterhin Restrisiken, welche gemessen am „Maßstab der praktischen Vernunft“ als allgemeine Lebensrisiken hinzunehmen sind.

Die Methodik der Grenzwertfestlegung nach Eintrittswahrscheinlichkeiten für eine genau definierte Konsequenz orientiert sich am allgemeinen Lebensrisiko und erweist sich als hinreichend genau und objektiv, um die von Verfassung wegen geforderte Risikoabschätzung durchzuführen.

4.3 Risikoanalyse am Standort Windpark Zell

Am Standort Windpark Zell wurde für drei Gefährdungsgruppen (GG) in zwei Gefährdungsbereichen (GB) eine Berechnung des Tötungsrisikos durch Eisfall von einer geplanten Windenergieanlage des Typs Enercon E-138 EP3 bezogen auf den Zeitraum eines Jahres durchgeführt.

¹⁴ Dies betrifft alle Lebensbereiche wie Arbeit, Verkehr und Freizeit.

¹⁵ Zu Grunde gelegt wurde die Gruppe der 5- bis 15-jährigen, da in dieser Gruppe die Sterblichkeit in wirtschaftlich gut entwickelten Ländern am niedrigsten ist, vgl. DIN EN 50126.

Die Wahrscheinlichkeit von Eisstücken tödlich getroffen zu werden, wird unter Berücksichtigung der Häufigkeiten von Vereisungsereignissen, der Auftreffhäufigkeit der Eisstücke sowie der Aufenthaltsdauer von Personen und Kfz in den Gefährdungsbereichen sowie „worst-case“-Annahmen hinsichtlich der Frequentierung, des Schadensausmaßes, der Anzahl an Eisstücken, etc. berechnet.

Vorausgesetzt wird, dass die WEA mit einer automatischen Eisabschaltung auf Basis mindestens einer Eiserkennungsmethode ausgestattet ist. So wird sichergestellt, dass sich die WEA bei Eisansatz nicht in Betrieb befindet und somit eine Gefährdung nur durch herabfallende Eisstücke während des Trudelbetriebs¹⁶ bzw. Stillstands besteht.

Sofern sich ein Gefährdungsbereich innerhalb einer Risikozone zweier oder mehrerer WEA befindet, wird bei der Risikoberechnung der Einzel-WEA für die Gefährdungsgruppen in den entsprechenden Gefährdungsbereichen und Risikozonen das Gesamtrisiko ausgewiesen.

Die Ergebnisse der Risikobetrachtung für die Gefährdungsbereiche der einzelnen geplanten WEA unter Berücksichtigung der Gesamtgefährdung durch alle WEA am Standort werden in der nachfolgenden Tabellen dargestellt.

Tabelle 7: Gesamtgefährdung der Gefährdungsbereiche um WEA 06

Gefährdungs-		Frequenzierung pro Tag	Geschwindigkeit bzw. Aufenthaltsdauer	Trefferhäufigkeit			
Bereich	Gruppe			RZ1	RZ2	RZ3	RZ4
A	P	50	3 km/h	$1,2 * 10^{-7}$	$5,6 * 10^{-8}$	$1,2 * 10^{-8}$	$7,6 * 10^{-9}$
	K	10	20 km/h	$7,9 * 10^{-8}$	$3,7 * 10^{-8}$	$7,8 * 10^{-9}$	$5,1 * 10^{-9}$
B	P	60	50 h/d	-	-	$9,9 * 10^{-11}$	$1,6 * 10^{-11}$

Der Richtwert von 10^{-5} Todesfällen pro Jahr, definiert durch das Prinzip der minimalen endogenen Sterblichkeit, wird für alle Gefährdungsgruppen innerhalb der verschiedenen Gefährdungsbereiche mindestens um den Faktor 85 unterschritten. **Somit sind potenzielle Gefahren für den Menschen durch Eisfall ausgehend von den geplanten WEA am Standort Windpark Zell als irrelevantes Restrisiko einzustufen.**

¹⁶ Der Trudelbetrieb mit bis zu 2,5 Umdrehungen/Minute wurde bei den Berechnungen berücksichtigt.

5 Literatur

- /1/ Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Richtlinie für Windenergieanlagen – Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung, Reihe B, Heft 8, 2012
- /2/ Liste der Technischen Baubestimmungen (LTB) des Landes Baden-Württemberg, 14.11.2014
- /3/ ConWX Intelligent Forecast System, <http://conwx.com>, 14.01.2019
- /4/ Bundesamt für Energie BFE Schweiz, Auswirkungen der Vereisung auf das Betriebsverhalten und den Energieertrag von Windkraftanlagen im Jurabogen
- /5/ Deutscher Wetterdienst (DWD), Erläuterungen der dargestellten Größen:
<https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=100652&lv3=100720>, 13.05.2020.
- /6/ Deutscher Wetterdienst (DWD), Deutscher Klimaatlas: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html, 26.04.2018
- /7/ Jarass, Hans D.: BImSchG-Kommentar, 10. Auflage, 2013
- /8/ Breuer, Rüdiger: Anlagensicherheit und Störfälle Vergleichende Risikobewertung im Atom- und Immissionsschutzrecht; Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht (NVwZ), 1990 (211).
- /9/ DIN EN 50126: Bahnanwendungen – Spezifikation und Nachweis der Zulässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS); Deutsches Institut für Normung e.V., März 2000.
- /10/ Seifert, Henry: Eiszeit am Standort, Ice Conditions for Wind Turbines. In: DEWI-Magazin (2005) Nr. 26
- /11/ Richert, Frank; Seifert, Henry: Eis im Kanal, Ice Tunnel. In: DEWI-Magazin (1997) Nr. 10

6 Anhang

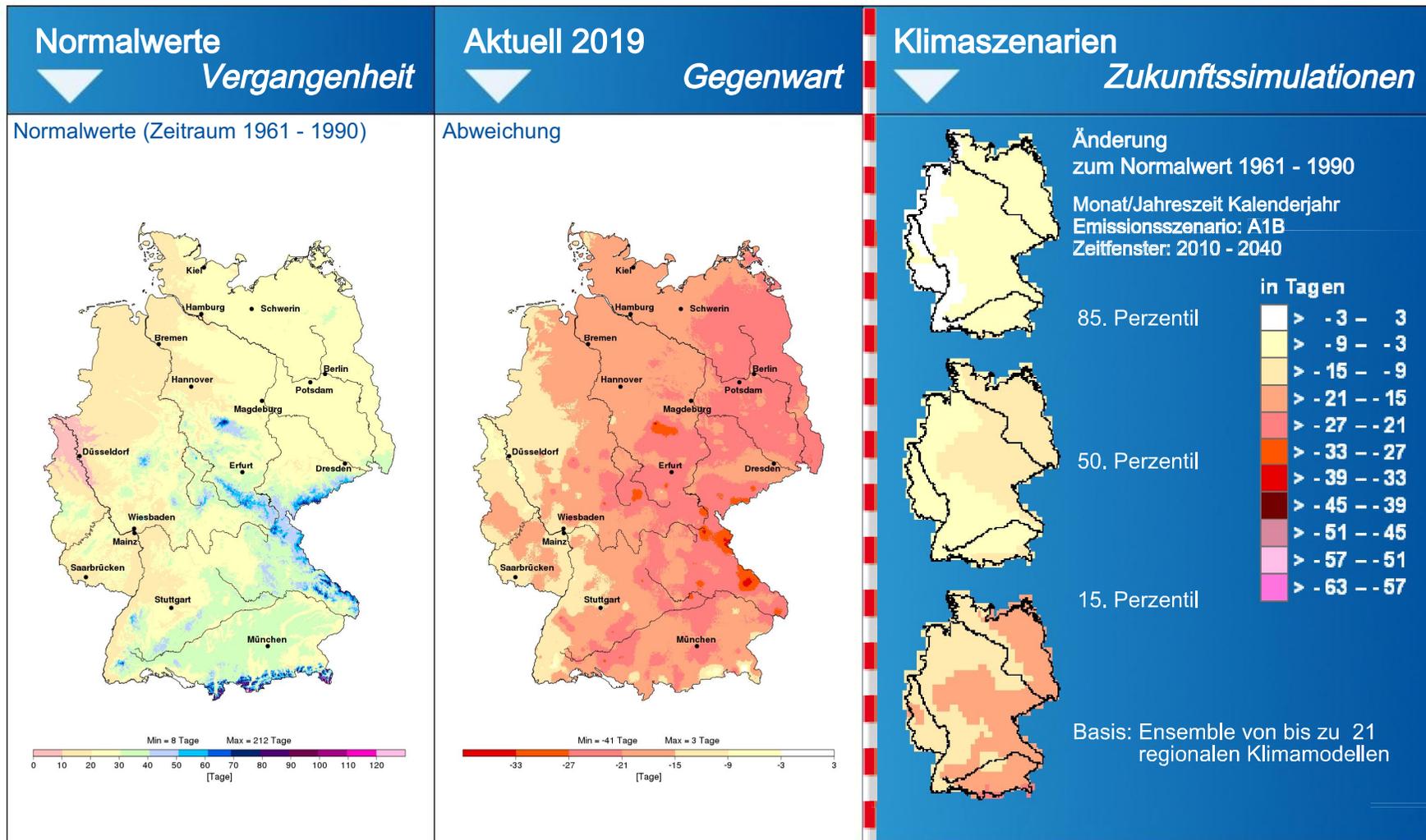
- Deutscher Klimaatlas

Deutscher Klimaatlas

Deutschland Eistage

Kalenderjahr 2019

Emissionsszenario: A1B Zeitfenster: 2010 - 2040



Im Klimaatlas Deutschland zeigt der Deutsche Wetterdienst unser Klima von gestern, heute und morgen auf einen Blick. Dabei wird besonders anschaulich, wie sich die Mittelwerte der dargestellten Größen in Deutschland und in den Bundesländern bis heute verändert haben und zukünftig verändern werden.

Zukünftige Klimazustände untersucht der DWD mit möglichst vielen regionalen Klimamodellen. Solche Ensemblerechnungen führen zu einer großen Anzahl von möglichen Klimazuständen, die statistisch als Perzentile ausgewertet werden: Das 50. Perzentil gibt den Wert an, für den jeweils die Hälfte der Modellsimulationen höhere bzw. niedrigere Änderungen zeigen. 15 % aller Modellergebnisse liegen unterhalb des 15. Perzentils oder erreichen dieses gerade genau. Die übrigen 85 % der Modellsimulationen zeigen dagegen größere Änderungen. Entsprechend liegen 85 % unterhalb des 85. Perzentils oder erreichen dieses gerade genau. Zwischen das 15. und 85. Perzentil fallen somit insgesamt 70 % aller Modellergebnisse.

Die Modellergebnisse werden dabei mathematisch aufsteigend sortiert. So ist z. B. der Wert -70 immer kleiner als der Wert -20. Die kleineren Werte werden immer dem kleineren Perzentil zugeordnet, die größeren Werte immer dem größeren Perzentil.

Perzentile sind nicht identisch mit Eintrittswahrscheinlichkeiten.

Weitere Informationen finden Sie in den Erläuterungen unter:

www.dwd.de/klimaatlas

Erzeugt am 30.01.2020

um 16:09 Uhr