

Eisfallgutachten für  
drei Windenergieanlagen  
am Standort  
**Bretzfeld**  
(Baden-Württemberg)

Datum: 16.02.2018

Bericht Nr. 16-1-3106-001-EM

Auftraggeber:

EnBW Windkraftprojekte GmbH

Schelmenwasenstraße 15 | 70567 Stuttgart

Auftragsnummer: 356001041

Bearbeiter:

Ramboll CUBE GmbH

Dipl.-Ing (FH) Timo Mertens

Breitscheidstraße 6

DE-34119 Kassel

Tel 0561 / 288 573-0

Fax 0561 / 288 573-19

*Hinweis:*

*Zum 01.01.2018 hat sich die Firmenbezeichnung der RAMBOLL CUBE GmbH zu RAMBOLL CUBE GmbH (nachfolgend CUBE bezeichnet) geändert.*

Das vorliegende Eisfallgutachten für den Standort Bretzfeld (Baden-Württemberg) wurde der CUBE Engineering GmbH im Juli 2016 von der EnBW Windkraftprojekte 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.

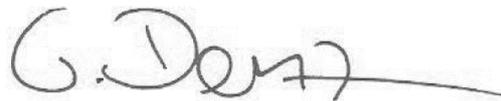
	Rev.-Nr.	Datum	Betroffene Seiten	Beschreibung
<b>Original</b>	000	10.11.2016	alle	Gutachten
<b>Revision</b>	001	16.02.2018	alle	Typenänderung: N149, 164m NH

Kassel, 16.02.2018



---

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



---

Dipl. Wirtsch.-Ing. Gina Denz  
(Prüfer)

## Inhalt:

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>6</b>
	2.1 Windenergieanlagen	6
	2.2 Automatische Eisabschaltung	6
	2.3 Vereisungspotential	7
	2.4 Hauptwindrichtung	9
<b>3</b>	<b>Gefährdungsbereich</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>Risikoanalyse</b>	<b>16</b>
	4.1 Grundlagen der Risikoermittlung	16
	4.2 Grundlagen Bewertung des Risikos	17
	4.3 Risikoanalyse am Standort Bretzfeld	17
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>Rechtlicher Rahmen</b>	<b>20</b>
<b>7</b>	<b>Literatur</b>	<b>22</b>
<b>8</b>	<b>Anhang</b>	<b>23</b>

# 1 Aufgabenstellung

Der Auftraggeber plant am Standort Bretzfeld zwischen den Orten Neuhütten im Osten, Wüstenrot im Südosten, Löwenstein im Südwesten und Eichelberg im Nordwesten drei Windenergieanlagen (WEA) des Typs Nordex N149 mit 164 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 Windenergieanlagen ermittelt werden. Weiterhin wird eine Risikobewertung des Eisfalls für die am Standort vorbeiführenden Straßen und Wege durchgeführt und die damit verbundene mögliche Gefährdung für Menschen abgeschätzt.



Abbildung 1: Übersichtskarte

## 2 Grundlagen

### 2.1 Windenergieanlagen

Am Standort Bretzfeld sind drei Windenergieanlagen des Typs Nordex N149 geplant. Die Koordinaten und Kenndaten der WEA können Tabelle 1 entnommen werden.

**Tabelle 1: WEA-Kenndaten**

Bezeichnung	Typ	Nabenhöhe [m]	Rotordurchmesser [m]	Gesamthöhe [m]	GK Bessel, Zone 3	
					Rechtswert	Hochwert
1	Nordex N149	164	149	238,6	3.531.787	5.440.652
2	Nordex N149	164	149	238,6	3.532.303	5.441.002
3	Nordex N149	164	149	238,6	3.531.535	5.441.028

### 2.2 Automatische Eisabschaltung

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

Die folgenden Mechanismen detektieren Eis am Rotorblatt:

- Eiserkennung durch Unwuchten und Vibration:  
 Induziert durch Parameter wie Luftfeuchtigkeit, Temperaturunterschiede und Windströmungsrichtung erfolgt der Eisansatz an den Rotorblättern in der Regel ungleichmäßig, so dass ein Gewichtsunterschied zwischen den Blättern entsteht. Dieser Unterschied führt zu Unwuchten im Antriebsstrang, die wiederum zu Vibrationen in der Gondel und im Turm der WEA führen. Die standardmäßig eingebaute Turmschwingungsüberwachung erkennt zu hohe Vibrationen und stoppt die Anlage.

- Eiserkennung durch Betriebsparameterabgleich:  
Während der Betriebsdauer der WEA werden Betriebsparameter wie Windgeschwindigkeit und Leistung aufgezeichnet und mit Soll-Werten der Anlage verglichen. Eisansatz an den Rotorblättern führt zu aerodynamischen Unregelmäßigkeiten, wodurch sich die Leistung reduziert und so von dem Sollwert abweicht. Die Anlage wird bei Abweichen von den Sollwerten gestoppt, um auf Eisansatz zu reagieren.

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.<sup>1</sup> 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 EnWG<sup>2</sup> i.V.m. § 5 I BImSchG<sup>3</sup>. Entsprechend müssen die technischen Einrichtungen zur automatischen Abschaltung durch eine gutachterliche Stellungnahme auf die Funktionssicherheit geprüft werden.<sup>4</sup> 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

---

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

<sup>2</sup> Energiewirtschaftsgesetz vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970, 3621), das zuletzt durch Artikel 3 Absatz 4 des Gesetzes vom 4. Oktober 2013 (BGBl. I S. 3746) geändert worden ist.

<sup>3</sup> 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.

<sup>4</sup> Vgl. Windenergie-Erlass NRW und Baden-Württemberg

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 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 2015 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 soll zunächst die Güte der verwendeten Daten im Vergleich zu einer weiteren Analyse darstellen und zeigt auf, wie viele Tage mit Vereisungsbedingungen (Eistage) meteorologisch im Jahr an dem Standort durchschnittlich vorkommen können. 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 °C) liegt, d.h. es herrscht Dauerfrost /4/. In Szenario 1 wird dieses Kriterium unter Zuhilfenahme des ConWX-Datensatzes angewandt. Für die Referenzperiode 1993 bis 2015 ergeben sich durchschnittlich 21,3 Eistage pro Jahr, was einer Häufigkeit von

ca. 5,8 % 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 so eine Abschätzung des möglichen Eisansatzes am Standort Bretzfeld zu ermitteln. Aufgrund der Komplexität der Atmosphäre sowie der zur Verfügung stehenden messbaren meteorologischen Parameter kann nur eine Abschätzung des tatsächlichen Vereisungspotentials 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.

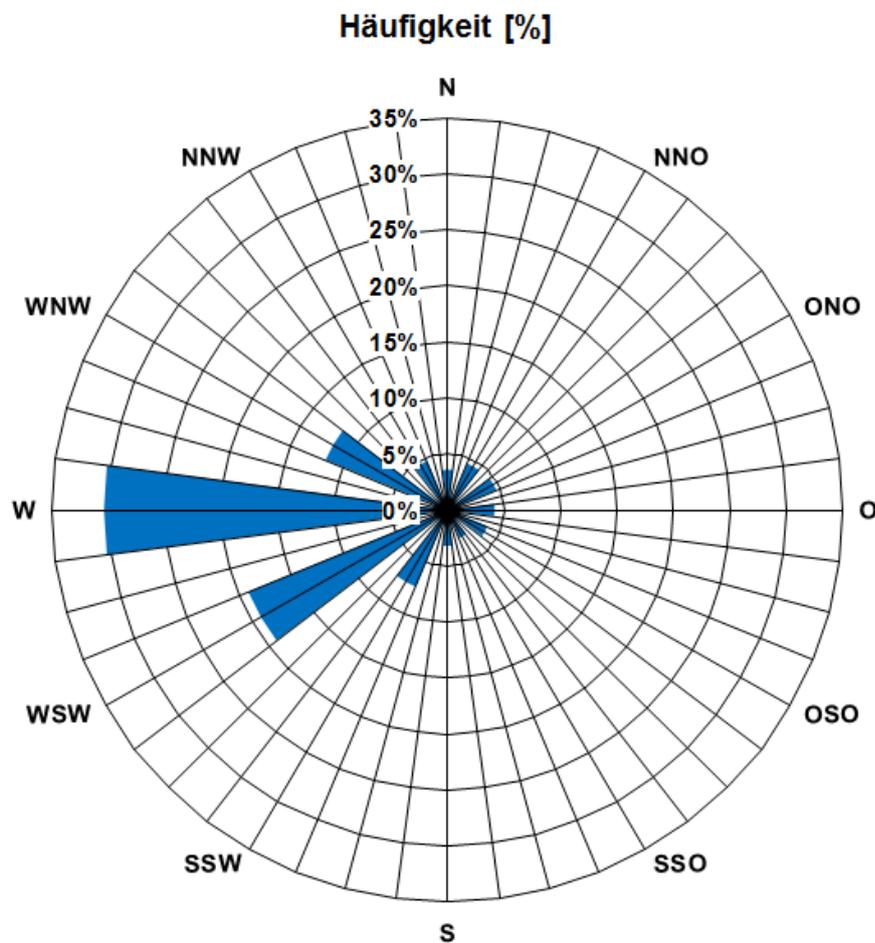
Daneben werden Faktoren, wie die Inkubationszeit und die Erholungsphase, berücksichtigt. Die Inkubationszeit, ist die Zeit die benötigt wird bis es zu einem tatsächlichen Eisansatz an der WEA kommt. Die Dauer ist dabei u.a. abhängig von der Oberflächenbeschaffenheit als auch deren Temperatur, dem Wassergehalt 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 2015 für den Standort Bretzfeld ergibt im Durchschnitt 5,4 Vereisungstage pro Jahr. Die jährliche Vereisungshäufigkeit entspricht somit etwa 1,5 %. 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 150 m über Grund. Die gezeigten Windgeschwindigkeiten unterliegen keiner Skalierung und repräsentieren den „worst-case“. Die Hauptwindrichtungen (Referenzperiode 1993 - 2015) sind die westsüdwestliche

(19,1 %) und die westliche (30,4 %). Hier treten auch die höchsten mittleren Windgeschwindigkeiten mit bis zu 9,1 m/s auf (vgl. Tabelle 2).



**Abbildung 2: Windrose der gefilterten Daten in 150 m Höhe nach Szenario 2 für die Jahre 1993 – 2015 am Standort Bretzfeld**

**Tabelle 2: Mittlere Windgeschwindigkeit und Häufigkeit in 150 m Höhe in Abhängigkeit der Windrichtung der gefilterten Daten nach Szenario 2 für die Jahre 1993 – 2015 am Standort Bretzfeld**

Windrichtungssektor	Häufigkeit [%]	Mittlere Windgeschw. [m/s]
N	3,6	5,8
NNO	4,5	6,0
ONO	4,7	6,4
O	4,2	7,2
OSO	3,8	7,1
SSO	2,7	5,0
S	3,2	5,5
SSW	7,4	8,1
WSW	19,1	9,1
W	30,4	8,9
WNW	11,7	7,4
NNW	4,7	6,2

### 3 Gefährdungsbereich

Um das Risiko des Eisfalles zu minimieren und die Mechanik der WEA nicht zu beschädigen, wird vorausgesetzt, dass sich die geplante WEA vom Typ Nordex N149 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:

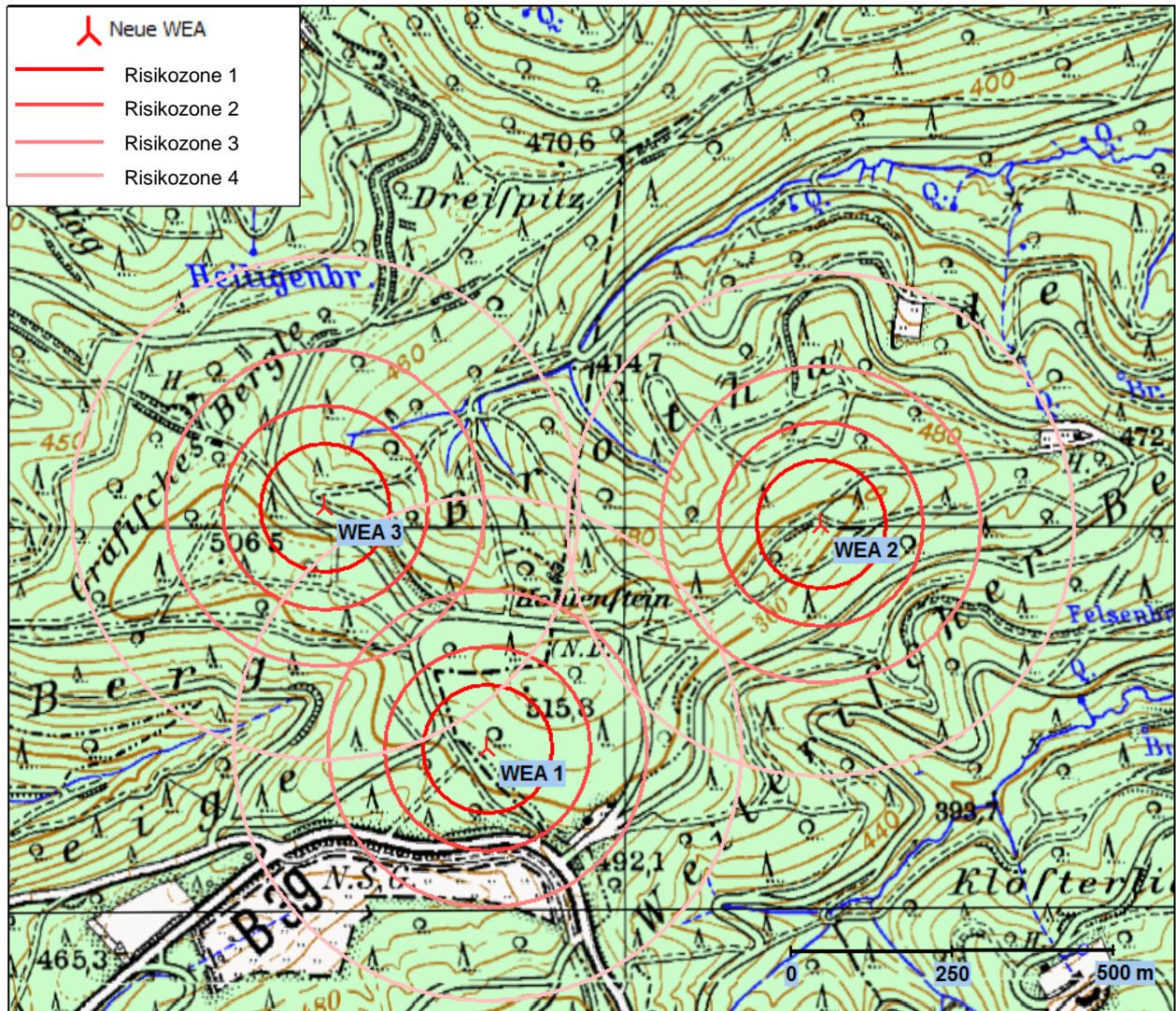
- WEA-Gesamthöhe;
- Stand des Rotors;
- Gewicht des Eises;
- Größe des Eises;
- Windgeschwindigkeit;
- Umdrehungsgeschwindigkeit des Rotors.

Für die Betrachtung der maximalen Fallweite von Eisstücken wird ein Eisstück von 0,1 kg und einer Oberfläche von maximal 0,005 m<sup>2</sup> betrachtet. Die maximale Fallweite für dieses Eisstück wird für jede Windgeschwindigkeitsklasse (0 bis 23 m/s) berechnet. Daraus werden vier verschiedene Risikozonen (RZ) abgeleitet (Tabelle 3).

**Tabelle 3: Berechnungsparameter und Eisfallweite**

RZ	Windgeschwindigkeit [m/s]	Maximale Fallweite [m]
1	0 – 5	100
2	6 – 10	159
3	11 - 15	247
4	>16	393

Die folgende Abbildung 3 zeigt die maximale Abfallweite der vier RZ für alle Windrichtungen am Standort Bretzfeld.



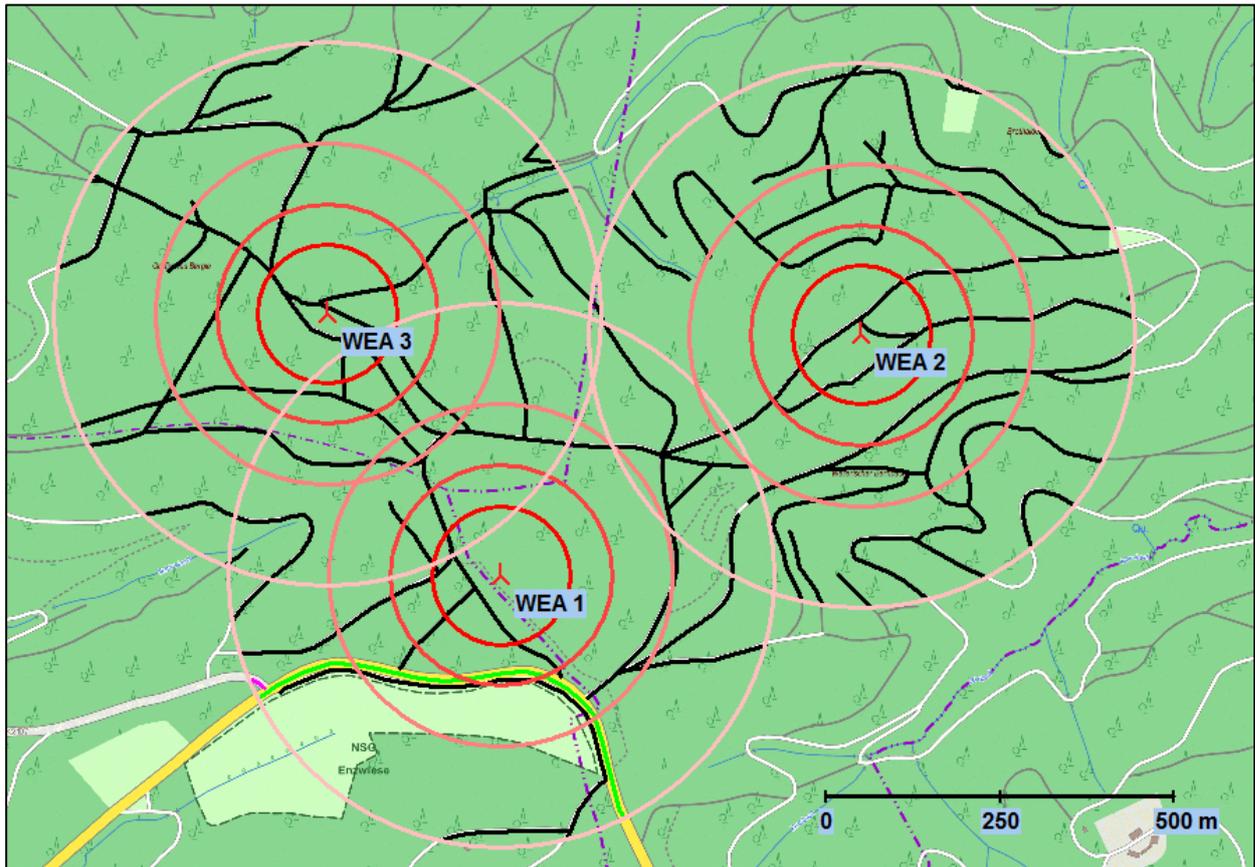
**Abbildung 3: Risikozonen**

Für die Risikobewertung des Eisfalls am Standort Bretzfeld wurden die in der Umgebung des Standorts liegenden Gefährdungsbereiche auf Basis einer detaillierten ATKIS-Karte und einer Standorttour am 29.08.2016 ermittelt und untersucht.

Maßgebliche Gefährdungsbereiche sind alle Häuser, Arbeitsstätten, Straßen und Wege, die in dem Bereich um die WEA liegen, der durch Eisfall betroffen sein kann. Diese Bereiche sind innerhalb der vier Risikozonen in den folgenden Abbildungen als farbige Linien dargestellt.

Die sich ergebenden relevanten Gefährdungsbereiche (GB) sind in Abbildung 4 eingezeichnet und in Tabelle 5 mit den zu erwartenden Frequentierungen aufgelistet. Tabelle 4 zeigt die für

die jeweiligen Gefährdungsbereiche relevanten Windrichtungen in den verschiedenen Risikozonen.



**Abbildung 4: WEA 1 bis 3 mit GB A (schwarz markierte Wege), GB B (grün markierte Straße) und GB C (lila markierte Straße)**

Bei Gefährdungsbereich A handelt es sich um verschiedene Waldwege, die durch alle Risikozonen der WEA verlaufen. Diese werden von Fußgängern (GB A1) und Kfz (GB A2) genutzt. Für Gefährdungsbereich A1 wird konservativ geschätzt ein durchschnittlicher Wert von 50 Spaziergängern pro Tag sowie für Gefährdungsbereich A2 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. Im Einwirkungsbereich aller Risikozonen liegend sind alle Windrichtungen relevant.

Bei Gefährdungsbereich B handelt es sich um die Bundesstraße B39. An einer Kfz-Zählstelle zwischen Löwenstein und Hirrweiler wurden im Schnitt 4.804 Kfz pro Tag gezählt. Für die Kfz

wird eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 70 km/h herangezogen. Im Einwirkungsbereich der WEA 1 (Risikozone 2, 3 und 4) liegend sind die Windrichtungen Nordnordwest bis Ostnordost<sup>5</sup> relevant.

Bei Gefährdungsbereich C handelt es sich um die Kreisstraße K2107. An einer Kfz-Zählstelle zwischen der K2106 und der K2107 wurden im Schnitt 1.606 Kfz pro Tag gezählt. Für die Kfz wird eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 60 km/h herangezogen. Im Einwirkungsbereich der WEA 1 (Risikozone 4) liegend ist die Windrichtung Ostnordost relevant.

**Tabelle 4: Risikozonen und Ihre relevanten Windrichtungen**

	Relevante Windrichtungen GB A	Relevante Windrichtungen GB B	Relevante Windrichtungen GB C
RZ 1	Alle	-	-
RZ 2	Alle	N, NNO, NNW	-
RZ 3	Alle	N, NNO, ONO, NNW	-
RZ 4	Alle	ONO, NNW	ONO

**Tabelle 5: Zusammenfassung Gefährdungsbereiche**

GB	Bezeichnung	Frequentierung	Geschwindigkeit / Aufenthaltsdauer
A1	Diverse Waldwege	50 Personen/d	3 km/h
A2	Diverse Waldwege	10 Kfz/d	20 km/h
B	B39	4.804	70
C	K2107	1.606	60

Die Gefährdungsbereiche werden entsprechend Ihrer Lage einer Risikozone zugeordnet, für die in Kapitel 4 eine Risikobewertung auf Basis der in Tabelle 5 gelisteten Daten erfolgt.

<sup>5</sup> Im Uhrzeigersinn

## 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.<sup>6</sup>

### 4.1 Grundlagen der Risikoermittlung

Die Eintrittswahrscheinlichkeit wird für eine Rasterzelle von 5x5 m<sup>2</sup> 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 Eisstücken pro Rasterzelle und gewichtet mit der für den Gefährdungsbereich relevanten Windverteilung am Standort.

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 Ge-

---

<sup>6</sup> BVerfGE 49, 89 (142).

schwindigkeit (siehe Tabelle 4), der Anzahl an Personen/Fahrzeugen pro Tag sowie der Anzahl an Eistagen pro Jahr berechnet.

Die Trefferwahrscheinlichkeit basiert auf der berechneten Aufenthaltswahrscheinlichkeit in jeder Risikozone, gewichtet mit der Häufigkeit, dass eine bestimmte Windgeschwindigkeit auftritt.

## 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 Sterblichkeit (MEM) zurückgegriffen /8/. Die MEM beschreibt das Maß des akzeptablen Risikos, welches von der entsprechenden Technologie<sup>7</sup> ausgeht. Die Sterblichkeitsrate beträgt  $2 \cdot 10^{-4}$  Todesfälle pro Jahr<sup>8</sup>.

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 Bretzfeld

Für den Standort Bretzfeld wird basierend auf der ermittelten Trefferhäufigkeit eine Bewertung des Risikos durch Eisfall für die in Kapitel 3 definierten Gefährdungsbereiche durchgeführt.

---

<sup>7</sup> Dies betrifft alle Lebensbereiche wie Arbeit, Verkehr und Freizeit.

<sup>8</sup> 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 Berechnungen basieren auf „worst-case“-Annahmen unter Berücksichtigung der am Standort für die einzelnen Gefährdungsbereiche relevanten Windrichtungen.

**Tabelle 6: Ergebnisse der Risikoanalyse**

GB	Frequentierung	Geschwindigkeit	Trefferhäufigkeit			
			RZ1	RZ2	RZ3	RZ4
A1	50 Personen/d	3 km/h	$4,8 * 10^{-7}$	$2,5 * 10^{-7}$	$3,7 * 10^{-8}$	$1,4 * 10^{-9}$
A2	10 Kfz/d	20 km/h	$7,2 * 10^{-7}$	$3,7 * 10^{-7}$	$5,6 * 10^{-8}$	$2,1 * 10^{-9}$
B	4.804	70 km/h	-	$6,5 * 10^{-6}$	$1,3 * 10^{-6}$	$2,7 * 10^{-8}$
C	1.606	60 km/h	-	-	-	$5,1 * 10^{-9}$

Der Grenzwert von  $10^{-5}$  Todesfällen pro Jahr wird für alle Gefährdungsbereiche unterschritten. Somit sind potenzielle Gefahren durch Eisfall ausgehend vom geplanten Windpark am Standort Bretzfeld als akzeptables Restrisiko einzustufen.

## 5 Zusammenfassung

Am Windparkstandort Bretzfeld wurde für vier Gefährdungsbereiche (GB) eine Berechnung des Tötungsrisikos durch Eisfall von drei geplanten Windenergieanlagen des Typs Nordex N149 bezogen auf den Zeitraum eines Jahres durchgeführt. Vorausgesetzt wird, dass die WEA mit mindestens einer automatischen Eisabschaltung ausgestattet sind. So wird sichergestellt, dass sich die WEA bei Eisansatz nicht in Betrieb befinden und somit eine Gefährdung nur durch herabfallende Eisstücke während des Trudelbetriebs<sup>9</sup> besteht.

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 einigen „worst-case“-Annahmen berechnet. Die Ergebnisse der Berechnungen der Trefferhäufigkeiten pro Jahr sind in Tabelle 7 zusammengefasst.

**Tabelle 7: Zusammenfassung der Ergebnisse**

GB	RZ 1		RZ 2		RZ 3		RZ 4	
	Trefferhäufigkeit für Kfz / Personen	Faktor Unterschreitung	Trefferhäufigkeit für Kfz / Personen	Faktor Unterschreitung	Trefferhäufigkeit für Kfz / Personen	Faktor Unterschreitung	Trefferhäufigkeit für Kfz / Personen	Faktor Unterschreitung
A1	$4,8 * 10^{-7}$	21	$2,5 * 10^{-7}$	41	$3,7 * 10^{-8}$	270	$1,4 * 10^{-9}$	7.263
A2	$7,2 * 10^{-7}$	14	$3,7 * 10^{-7}$	27	$5,6 * 10^{-8}$	180	$2,1 * 10^{-9}$	4.842
B	-	-	$6,5 * 10^{-6}$	2	$1,3 * 10^{-6}$	7	$2,7 * 10^{-8}$	375
C	-	-	-	-	-	-	$5,1 * 10^{-9}$	1.942

Der Richtwert von  $10^{-5}$  Todesfällen pro Jahr, definiert durch das Prinzip der minimalen endogenen Sterblichkeit, wird in allen Gefährdungsbereichen unter Berücksichtigung diverser „worst-case“-Annahmen unterschritten. **Das Risiko von Personenschäden durch herabfallendes Eis ist daher für die Gefährdungsbereiche A1 bis C als irrelevant zu beurteilen.**

<sup>9</sup> Der Trudelbetrieb mit bis zu 2 Umdrehungen/Minute wurde bei den Berechnungen berücksichtigt.

## 6 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 schädliche 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 LBO<sup>10</sup> bauliche Anlagen so anzuordnen und zu errichten, dass die öffentliche Sicherheit und 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.<sup>11</sup> 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/.

---

<sup>10</sup> Landesbauordnung für Baden-Württemberg (LBO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 5. März 2010, (GBl. Nr. 7, S. 588).

<sup>11</sup> BVerfGE 49, 89 (142 f.).

Die Rechtsprechung hat die Frage des Risikos im Zusammenhang mit Vereisungserscheinungen bei WEA in diversen Entscheidungen tiefergehend betrachtet.<sup>12</sup> 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.<sup>13</sup> Eisdetektionssysteme können das Restrisiko – gemessen am „Maßstab der praktischen Vernunft“<sup>14</sup> – maximal erforderlich minimieren.<sup>15</sup> Anzumerken in diesem Zusammenhang ist, dass bei Fehlen von Eiskennung oder Sensoren die Genehmigungsfähigkeit nicht zwingend in Frage gestellt ist. Beispielweise reichen nach dem Windenergieerlass Bayern auch entsprechende Abstände zu den nächstgelegenen gefährdeten Objekten ( $1,5 \times [\text{Rotordurchmesser} + \text{Nabenhöhe}]$ ) und es bedarf keiner gesonderten technischen Schutzeinrichtungen. Verbliebende Risiken können als „allgemeine Lebensrisiken“ eingestuft werden.<sup>16</sup>

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 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.

---

<sup>12</sup> 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.

<sup>13</sup> VG Freiburg, Urt. v. 25.10.2005 - 1 K 653/04.

<sup>14</sup> BVerfGE 49, 89 (143).

<sup>15</sup> OVG Koblenz, Urt. v. 12.05.2011 – 1 A11186/08 = NVwZ-RR 2011, 759 (762).

<sup>16</sup> 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.

## 7 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://www.conwx.com/>, 02.05.2016
- /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:  
[http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=P30200537501343712813218&T183001737501343714049653gsbDocumentPath=Navigati-on%2FOeffentlichkeit%2FKlima\\_Umwelt%2FKlimaatlas%2FErl\\_Allgemein%2Ferlaeut-erungen\\_dargestelltegroessen\\_node.html%3F\\_nnn%3Dtrue](http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=P30200537501343712813218&T183001737501343714049653gsbDocumentPath=Navigati-on%2FOeffentlichkeit%2FKlima_Umwelt%2FKlimaatlas%2FErl_Allgemein%2Ferlaeut-erungen_dargestelltegroessen_node.html%3F_nnn%3Dtrue)
- /6/ Deutscher Wetterdienst (DWD), Deutscher Klimaatlas:  
[http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=P28800190621308654463391&switchLang=de&seCh=1](http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=P28800190621308654463391&switchLang=de&seCh=1), 01.03.2016
- /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



## 8 Anhang

- Deutscher Klimaatlas

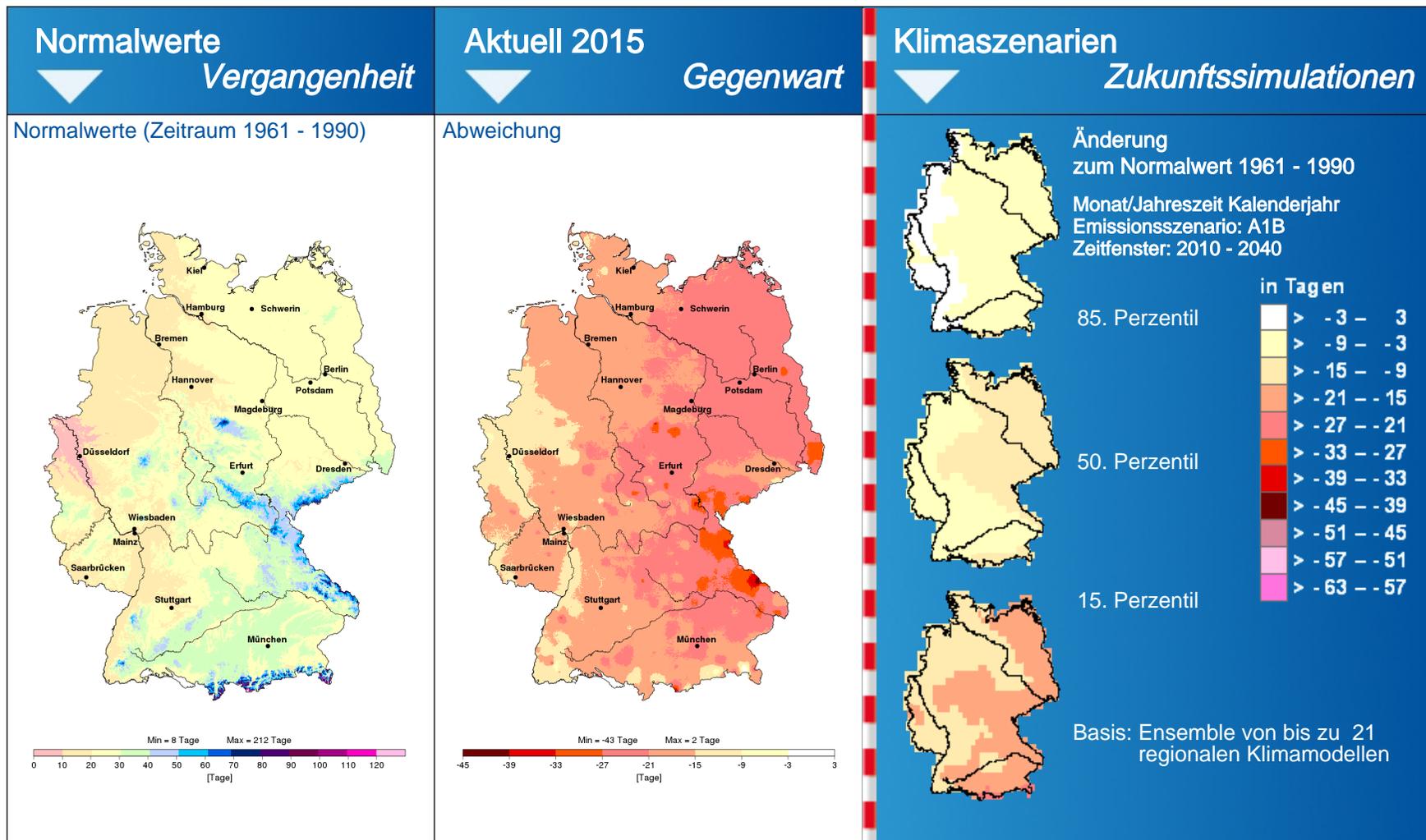
# Deutscher Klimaatlas

## Deutschland Eistage

Kalenderjahr 2015

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](http://www.dwd.de/klimaatlas)

Erzeugt am 01.03.2016

um 11:33 Uhr