

Eisfallgutachten für  
sechs Windenergieanlagen  
am Standort  
**Bad Wünnenberg-Sintfeld**  
(Nordrhein-Westfalen)

Datum: 21.12.2023

23-1-3199-000-EK

Auftraggeber:

Energieplan Ost West GmbH & Co.KG

Graf-Zeppelin-Str. 69 | 33181 Bad Wünnenberg

Auftragsnummer: 352006739

Bearbeiter:

Ramboll Deutschland GmbH

Astrid v. Kameke, M. Sc.

Elisabeth-Consbruch-Straße 3

DE-34131 Kassel

Tel 0561 / 288 573-0

Das vorliegende Eisfallgutachten für den Standort Bad Wünnenberg-Sintfeld (Nordrhein-Westfalen) wurde der Ramboll Deutschland GmbH im November 2023 von der Firma Energieplan Ost West GmbH & Co.KG in Auftrag gegeben.

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/In	Beschreibung
000	21.12.2023	A. v. Kameke	Planung von sechs Windenergieanlagen des Typs Vestas V162-7.2, V150-6.0 und V136-4.2

Kassel, 21.12.2023



Astrid v. Kameke, M. Sc.  
(Bearbeiter)



Dipl.-Geogr. Marc Brüning  
(Prüfer)

## Inhalt:

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>5</b>
	2.1 Windenergieanlagen	5
	2.2 Automatische Eisabschaltung	5
	2.3 Vereisungspotential	7
	2.4 Windrichtungsverteilung	9
	2.5 Rechtlicher Rahmen	11
<b>3</b>	<b>Gefährdungsbereiche</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>Risikoanalyse</b>	<b>29</b>
	4.1 Grundlagen der Risikoermittlung	29
	4.2 Grundlagen Bewertung des Risikos	30
	4.3 Risikoanalyse am Standort Bad Wünnenberg-Sintfeld	32
<b>5</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>Anhang</b>	<b>38</b>

# 1 Aufgabenstellung

Der Auftraggeber plant am Standort Bad Wünnenberg-Sintfeld zwischen den Orten Haaren im Norden und Bad Wünnenberg im Südosten sechs Windenergieanlagen (WEA) verschiedener Anlagentypen Vestas V162-7.2, V150-6.0 und V136-4.2 mit 169 m und 166 m Nabenhöhe zu errichten. Vor Ort bestehen bereits einige WEA bzw. befinden sich in der Planung, die als Vorbelastung betrachtet werden.

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 sowie sonstige Aufenthaltsbereiche von Menschen durchgeführt und die damit verbundene mögliche Gefährdung für Menschen abgeschätzt.

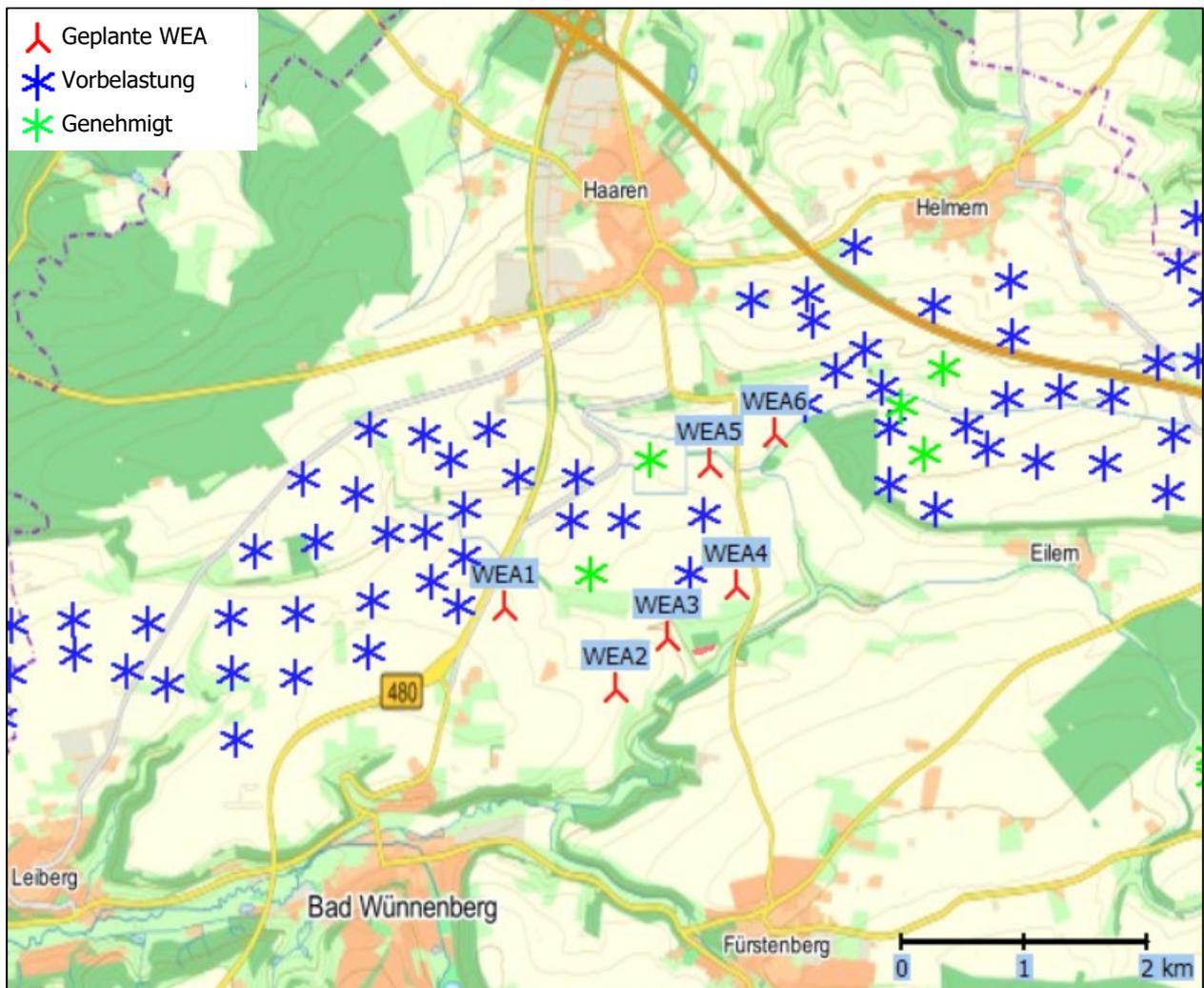


Abbildung 1: Übersichtskarte (© Geoglis [1])

## 2 Grundlagen

### 2.1 Windenergieanlagen

Am Standort Bad Wünnenberg-Sintfeld sind sechs Windenergieanlagen verschiedener Anlagentypen des Herstellers Vestas geplant: V162-7.2, V150-6.0 und V136-4.2. Westlich und östlich des geplanten Standorts bestehen bereits WEA und es befinden sich weitere WEA in einem fortgeschrittenen Planungsstadium. Die nächstgelegenen WEA werden auf ihre Relevanz als Vorbelastung überprüft. Die Koordinaten und Kenndaten der WEA können Tabelle 1 entnommen werden.

**Tabelle 1: WEA-Kenndaten**

Nr.	Typ	Nabenhöhe [m]	Rotor-durchmesser [m]	Gesamthöhe [m]	UTM 32, ETRS89 Zone: 32		Art <sup>*)</sup>
					Ost	Nord	
<b>WEA 1</b>	Vestas V150.6.0	169	150	244	479.940	5.709.888	ZB
<b>WEA 2</b>	Vestas V162-7.2	169	162	250	480.836	5.709.216	ZB
<b>WEA 3</b>	Vestas V162-7.2	169	162	250	481.265	5.709.640	ZB
<b>WEA 4</b>	Vestas V162-7.2	169	162	250	481.820	5.710.054	ZB
<b>WEA 5</b>	Vestas V162-7.2	169	162	250	481.611	5.711.057	ZB
<b>WEA 6</b>	Vestas V136-4.2	166	136	234	482.134	5.711.294	ZB
<b>42541-18</b>	Nordex N149	164	149	238,5	481.117	5.711.099	G
<b>41100-20</b>	Enercon E-138	131	138,3	200,1	480.635	5.710.176	G
<b>40307-23</b>	Enercon E-138	131	138,3	200,1	479.348	5.710.116	VB
<b>41387-14</b>	Enercon E-115	149	149	206,9	479.562	5.709.916	VB
<b>42092-14</b>	Enercon E-82	138,4	82	179,4	479.606	5.710.312	VB
<b>42438-14</b>	Enercon E-115	149	115,7	206,9	482.381	5.711.546	VB
<b>40774-23</b>	Enercon E-160	166,6	160	246,6	481.555	5.710.645	VB
<b>40779-23</b>	Enercon E-160	166,6	160	246,6	481.447	5.710.164	VB

\*) ZB: Zusatzbelastung, VB: Vorbelastung, G: Genehmigt.

### 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 drei 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.
- Eiserkennung durch Abgleich der gemessenen Windgeschwindigkeiten:  
Die Windgeschwindigkeit wird bei der WEA durch ein Ultraschallanemometer sowie durch ein Schalensternanemometer gemessen. Die Schalen des Schalensternanemometers können zufrieren. Durch einen kontinuierlichen Vergleich der beiden gemessenen Windgeschwindigkeiten kann eine Vereisung zeitnah festgestellt und die Windenergieanlage abgeschaltet werden.
- Ein in die WEA integriertes VID-System (Vestas Eiserkennung) ermöglicht bei Windenergieanlagen des Herstellers Vestas die Registrierung von Eisansatz und unterbricht den Anlagenbetrieb. Über Sensoren in jedem Rotorblatt werden die Schwingungsfrequenzen des Rotorblatts gemessen und überwacht. Bei Eisansatz erfolgt eine Änderung der Grundfrequenz. Sofern der Schwellenwert bei Temperaturen von weniger als 5 °C überschritten ist, wird der Anlagenbetrieb über einen direkt mit der Nabensteuerung verbundenen Schaltschrank unterbrochen.

In diesem Gutachten wird vorausgesetzt, dass 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 [2] [3]. 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 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 des Europäischen Zentrums für Mittelfristvorhersage (ECMWF) [4] herangezogen. Die ERA-5 Daten sind Ergebnisse von Computersimulationen mit dem WRF-Modell (Weather Research & Forecasting Model) und beruhen auf Reanalysen 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

---

<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 durch Artikel 6 des Gesetzes vom 13. Oktober 2016 (BGBl. I S. 2258) 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

realen Messwerten in unterschiedlichen Regionen überprüft und kann zur Abschätzung eines möglichen Eisansatzes herangezogen werden. Für die Analyse wird ein Langzeitdatensatz für den Zeitraum 1999 bis einschließlich 2022 in stündlicher Auflösung herangezogen. Als Eingangsdaten werden folgende Parameter verwendet:

- Temperatur in 200 m ( $T_{200}$ ) über Grund;
- Relative Luftfeuchtigkeit (RF) in 200 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 Bad Wünnenberg-Sintfeld 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.

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 ERA-5-Datensatzes angewandt. Für die Referenzperiode 1999 bis einschließlich 2022 ergeben sich durchschnittlich 29,7 Eistage pro Jahr, was einer Häufigkeit von ca. 8,1 % entspricht. Eine Analyse des Deutschen Wetterdienstes stützt diese Ergebnisse, in der 20 bis 30 Eistage für die Referenzperiode 1971 bis 2000 berechnet worden sind [6]. 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 Bad Wünnenberg-Sintfeld zu ermitteln. Aufgrund der Komplexität der Atmosphäre sowie der zur Verfügung stehenden messbaren meteorologischen Parameter kann nur eine Abschätzung des tatsächlichen Vereisungspotentials erfolgen.

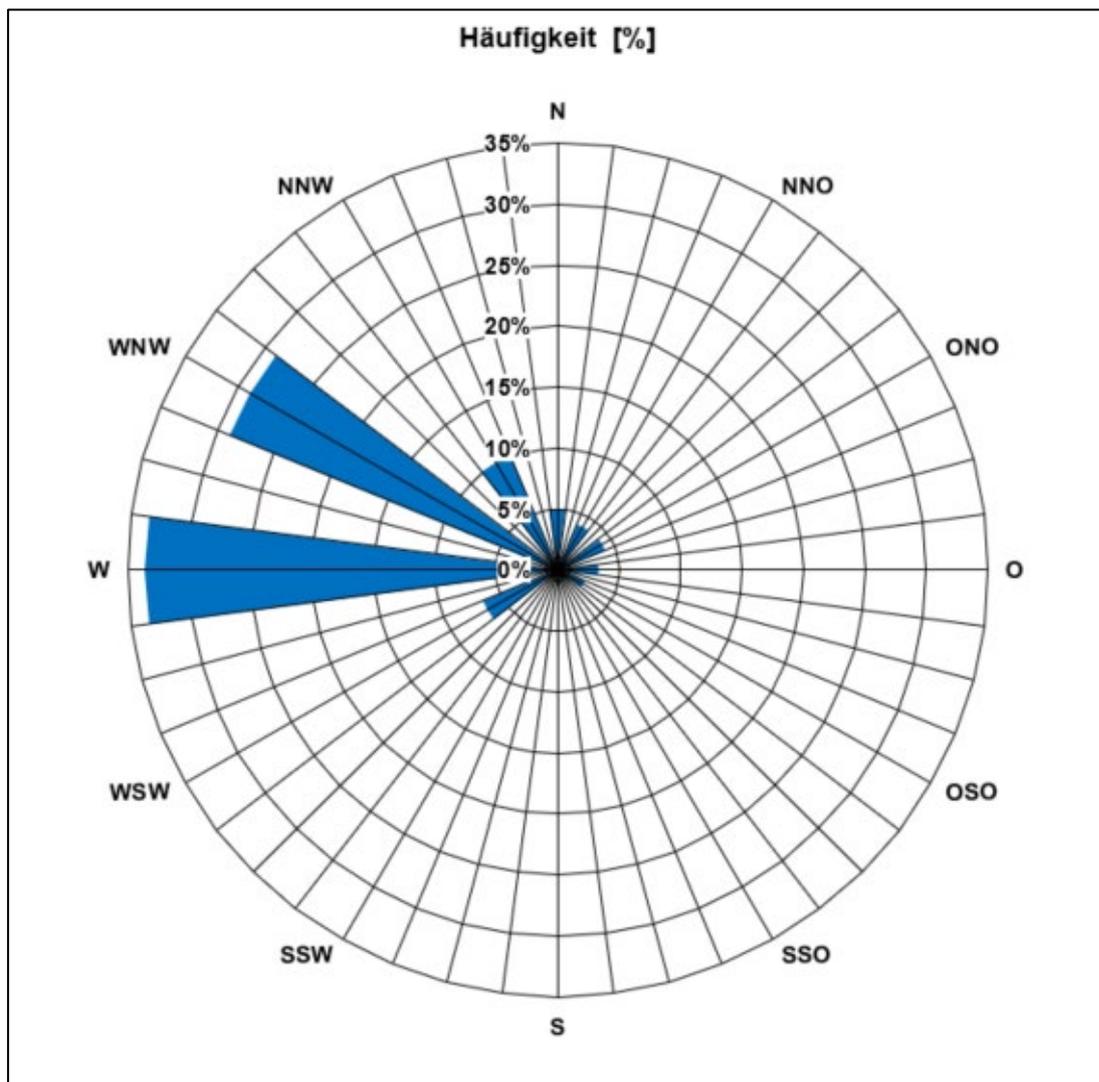
Als Kriterium für Eisansatz werden nur Daten mit der Bedingung  $T_{200} \leq 2\text{ °C}$  und  $RF \geq 95\%$  verwendet. Hier wird im Gegensatz zu Szenario 1 die Temperatur leicht oberhalb des Gefrierpunktes berücksichtigt, da unter diesen Bedingungen bereits mit Eisansatz zu rechnen ist. Als Daten der relativen Luftfeuchte 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 1999 bis einschließlich 2022 für den Standort Bad Wünnenberg-Sintfeld ergibt im Durchschnitt 7,7 Vereisungstage pro Jahr. Die jährliche Vereisungshäufigkeit entspricht somit etwa 2,1 %. Diese Werte werden in der folgenden Risikoanalyse herangezogen.

## 2.4 Windrichtungsverteilung

Die Windrichtungsverteilung der im Kapitel 2.3 zugrunde gelegten Daten nach Anwendung des Kriteriums  $T_{200} \leq 2 \text{ °C}$  und  $RF \geq 95 \text{ %}$  (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 1999 bis einschließlich 2022) sind West (33,6 %) und Westnordwest (28,9 %). Hier treten auch die höchsten mittleren Windgeschwindigkeiten mit bis zu 13,1 m/s auf (vgl. Tabelle 2).



**Abbildung 2: Windrose der gefilterten Daten in 200 m Höhe nach Szenario 2 für die Jahre 1999 bis einschließlich 2022 am Standort Bad Wünnenberg-Sintfeld**

**Tabelle 2: Mittlere Windgeschwindigkeit und Häufigkeit in 200 m Höhe in Abhängigkeit der Windrichtung der gefilterten Daten nach Szenario 2 für die Jahre 1999 bis einschließlich 2022 am Standort Bad Wünnenberg-Sintfeld**

Windrichtungssektor	Häufigkeit [%]	Mittlere Windgeschwindigkeit [m/s]
N	4,9	6,8
NNO	4,1	6,9
ONO	4,2	8,7
O	3,3	9,2
OSO	2,4	10,2
SSO	0,9	10,3
S	0,4	9,0
SSW	0,7	8,8
WSW	6,6	12,9
W	33,6	13,1
WNW	28,9	11,2
NNW	10,1	8,2

## 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. 2 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>5</sup> bauliche Anlagen so anzuordnen und zu errichten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit oder die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht bedroht

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

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>6</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].

Die Rechtsprechung hat die Frage des Risikos im Zusammenhang mit Vereisungserscheinungen bei WEA in diversen Entscheidungen tiefergehend betrachtet.<sup>7</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>8</sup> Eisdetektionssysteme können das Restrisiko – gemessen am „Maßstab der praktischen Vernunft“<sup>9</sup> – maximal erforderlich minimieren.<sup>10</sup> Anzumerken in diesem Zusammenhang ist, dass bei Fehlen von Eiserkennung oder Sensoren die Genehmigungsfähigkeit nicht zwingend in Frage gestellt ist. Beispielsweise 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 technischen Schutzeinrichtungen. Verbliebende Risiken können als „allgemeine Lebensrisiken“ eingestuft werden.<sup>11</sup>

---

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

<sup>7</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>8</sup> VG Freiburg, Urt. v. 25.10.2005 - 1 K 653/04.

<sup>9</sup> BVerfGE 49, 89 (143).

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

<sup>11</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.

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.

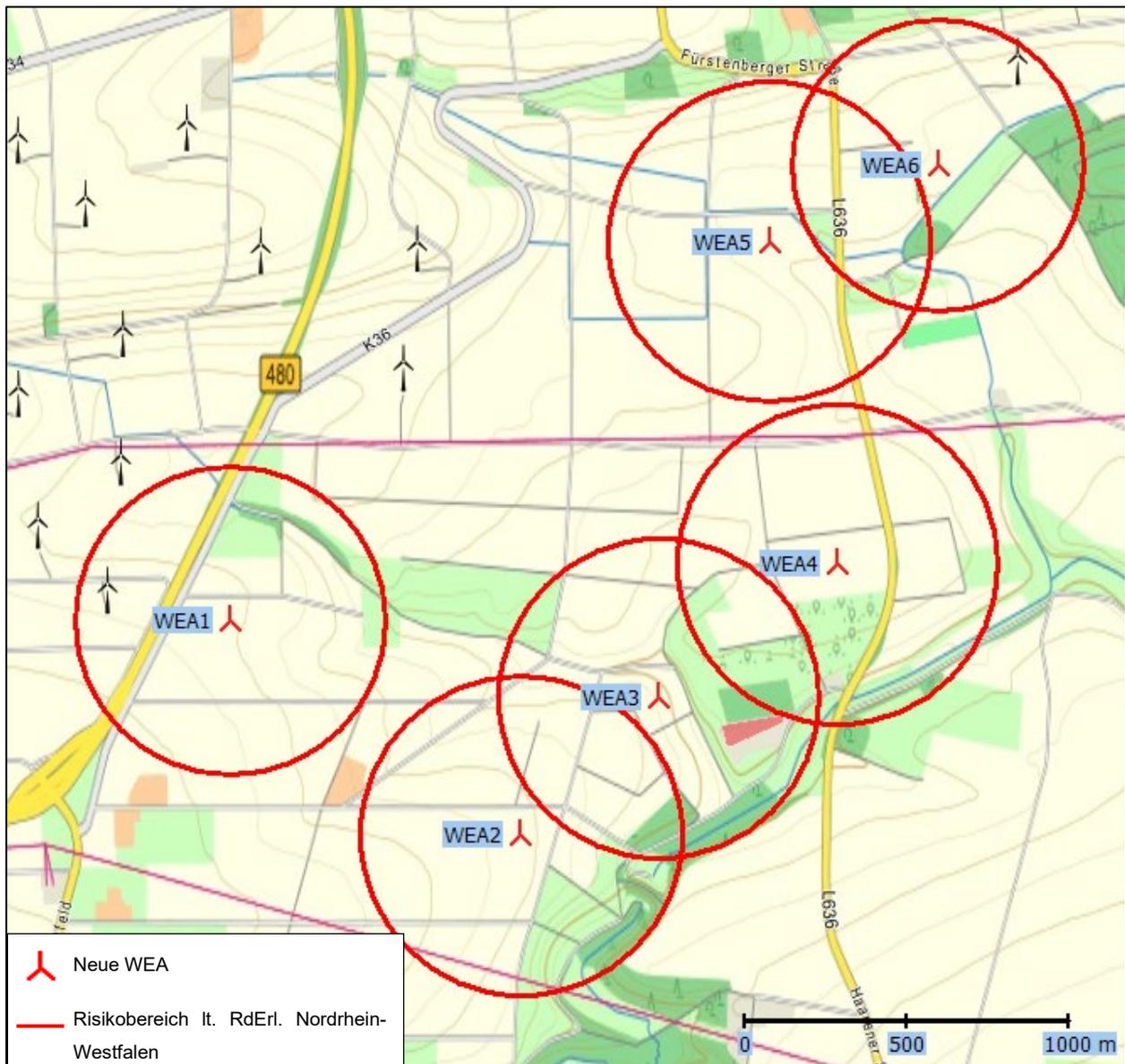
### 3 Gefährdungsbereiche

Laut Runderlass des Ministeriums für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr vom 04.02.2015 [8] ist eine Untersuchung zum Risiko durch Eisfall der geplanten WEA dann vorzulegen, sofern der 1,5-fache Abstand der Summe aus Rotordurchmesser und Nabenhöhe zu Verkehrswegen unterschritten wird. Dies entspricht im Falle der vorliegenden Planung einem Abstand von ca. 479 m (WEA 1), 497 m (WEA 2, WEA°3, WEA°4 und WEA°5) und 453 m (WEA°6) (vgl. rote Kreise in Abbildung 3) zu den in der Nähe der geplanten WEA verlaufenden Verkehrswegen, der ‚Landstraße 636‘ und der ‚Bundesstraße 480‘ und der ‚Kreisstraße 36‘. Für die geplanten WEA wird dieser Abstand unterschritten, so dass für diese nachfolgend das Risiko des Eisfalls untersucht wird.

Um das Risiko des Eisfalles zu minimieren und die Mechanik der WEA nicht zu beschädigen, wird vorausgesetzt, dass sich die geplanten WEA vom Typ Vestas V162-7.2, V150-6.0 und V136-4.2 bei Eisansatz automatisch abschalten und in den Trudelbetrieb übergehen. Das hier betrachtete Risiko von Eisfall besteht demzufolge nur bei stehendem bzw. im Trudelbetrieb befindlichem Rotor.

Die Eisfallweite ist abhängig von den folgenden Parametern:

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



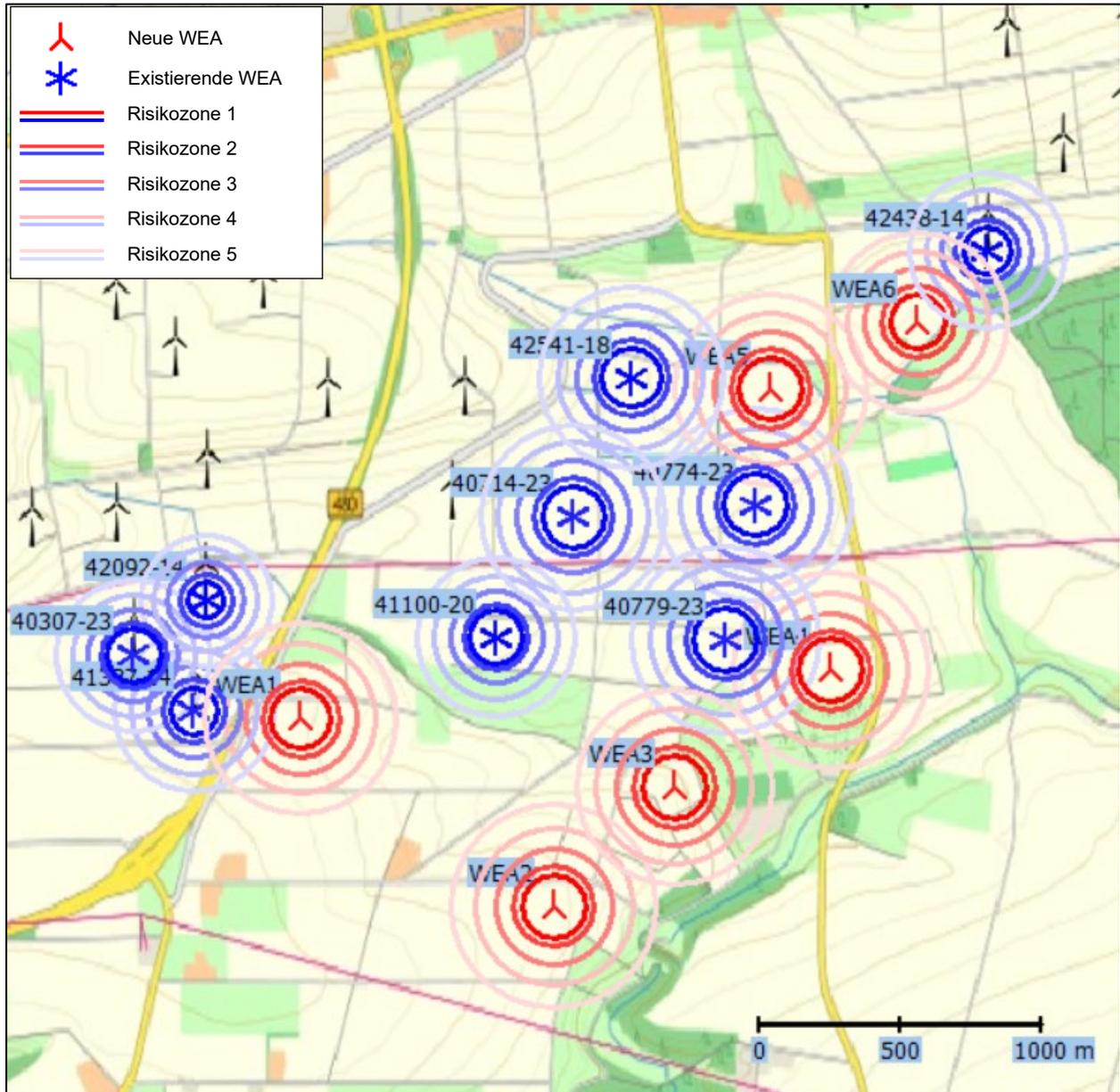
**Abbildung 3: Risikobereich nach RdErl. (© Geoglis [1])**

Größe, Form und Gewicht von potenziell herabfallenden Eisstücken sind generell schwer zu prognostizieren. Aus diesem Grund wird bei der Abschätzung des Risikos durch Eisfall ein Eisstück definiert, das potenziell eine letale Wirkung hat und gleichzeitig eine maximale Flugweite abdeckt. Entsprechend wird für die Betrachtung der maximalen Fallweite von Eisstücken ein Eisstück von 0,06 kg und einer Oberfläche von maximal 0,0025 m<sup>2</sup> betrachtet. Die maximale Fallweite für ein Eisstück dieser Beschaffenheit wird für jede Windgeschwindigkeitsklasse (0 bis 25 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 fünf 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)	16-20 (RZ 4)	21-25 (RZ 5)
Maximale Fallweite WEA 1 [m]	106	137	197	266	339
Maximale Fallweite WEA 2 [m]	112	143	206	279	363
Maximale Fallweite WEA 3 [m]	113	145	207	276	347
Maximale Fallweite WEA 4 [m]	112	141	201	272	349
Maximale Fallweite WEA 5 [m]	112	141	202	269	339
Maximale Fallweite WEA 6 [m]	98	130	189	252	319
Maximale Fallweite WEA 40307-23 [m]	95	115	161	215	272
Maximale Fallweite WEA 40774-23 [m]	111	140	201	269	343
Maximale Fallweite WEA 40779-23 [m]	111	140	200	266	334
Maximale Fallweite WEA 41100-20 [m]	95	115	163	219	281
Maximale Fallweite WEA 41387-14 [m]	84	113	163	221	282
Maximale Fallweite WEA 42092-14 [m]	63	93	136	183	232
Maximale Fallweite WEA 42438-14 [m]	84	112	160	214	277
Maximale Fallweite WEA 42541-18 [m]	105	134	192	257	324

Die folgende Abbildung 4 zeigt die maximale Abfallweite für jede der fünf Risikozonen am Standort Bad Wünnenberg-Sintfeld.

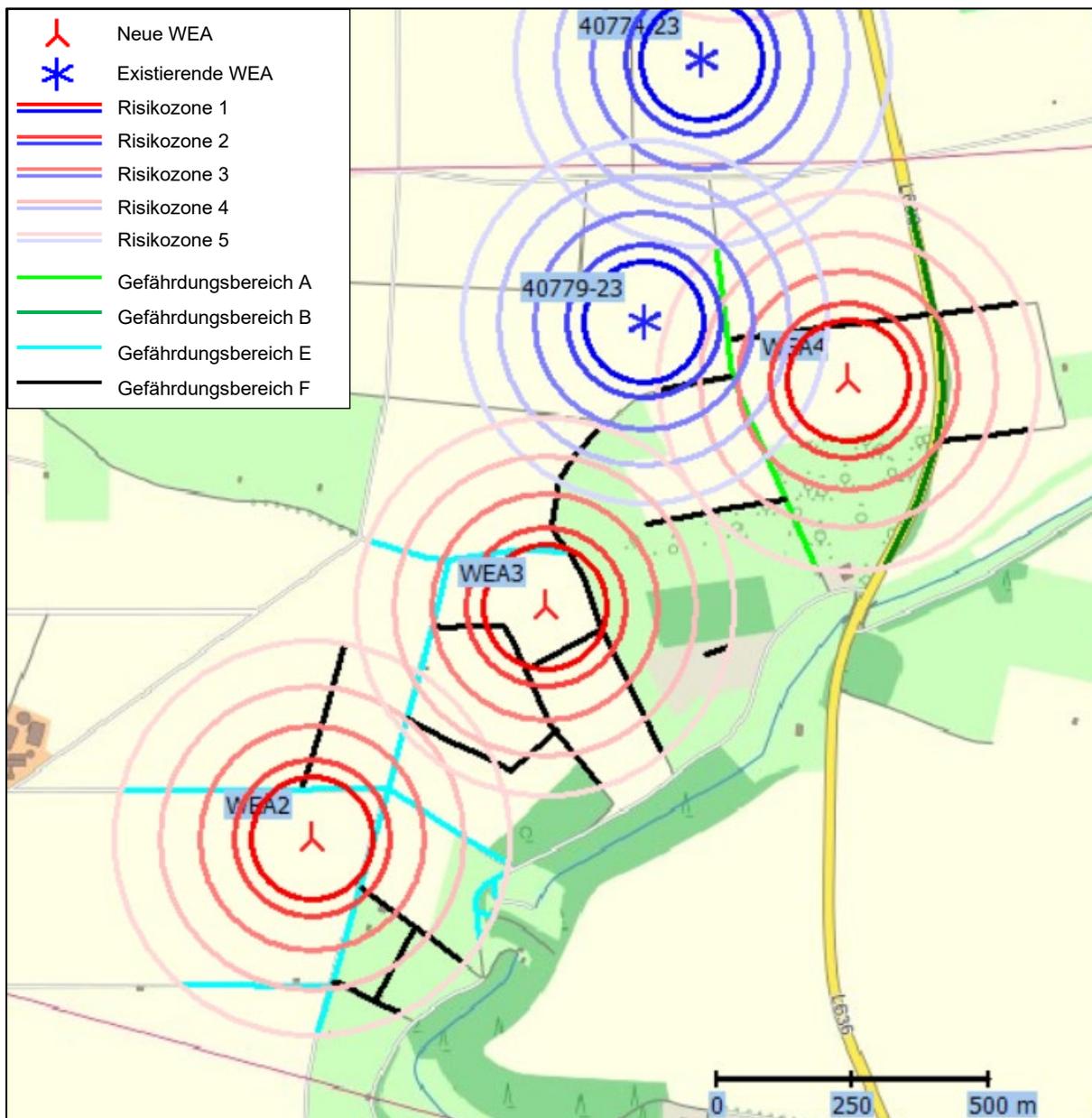


**Abbildung 4: Risikozonen [9]**

Da es keine Überschneidungsbereiche der Risikozonen der geplanten WEA mit den bestehenden und parallel geplanten WEA 41100-20, 40307-23 und 40714-22 gibt (siehe Abbildung 4), werden diese WEA bei der Risikoermittlung nicht weiter als Vorbelastung berücksichtigt. Darüber hinaus existiert kein Gefährdungsbereich innerhalb des Überschneidungsbereichs der Risikozonen der geplanten WEA 1 und der Vorbelastungs-WEA 42092-14, weshalb diese im Weiteren als relevante Vorbelastung ebenfalls unberücksichtigt bleibt.

Für die Risikobewertung des Eisfalls am Standort Bad Wünnenberg-Sintfeld wurden die in der Umgebung des Standorts liegenden Gefährdungsbereiche auf Basis einer detaillierten ATKIS-Karte und einer Standortbesichtigung am 15.12.2023 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 fünf Risikozonen sind in den Abbildung 5 bis 7 durch farbige Linien hervorgehoben.



**Abbildung 5: WEA 2, WEA 3 und WEA 4 mit GB A, GB B, GB E und GB F (© Geoglis [1])**

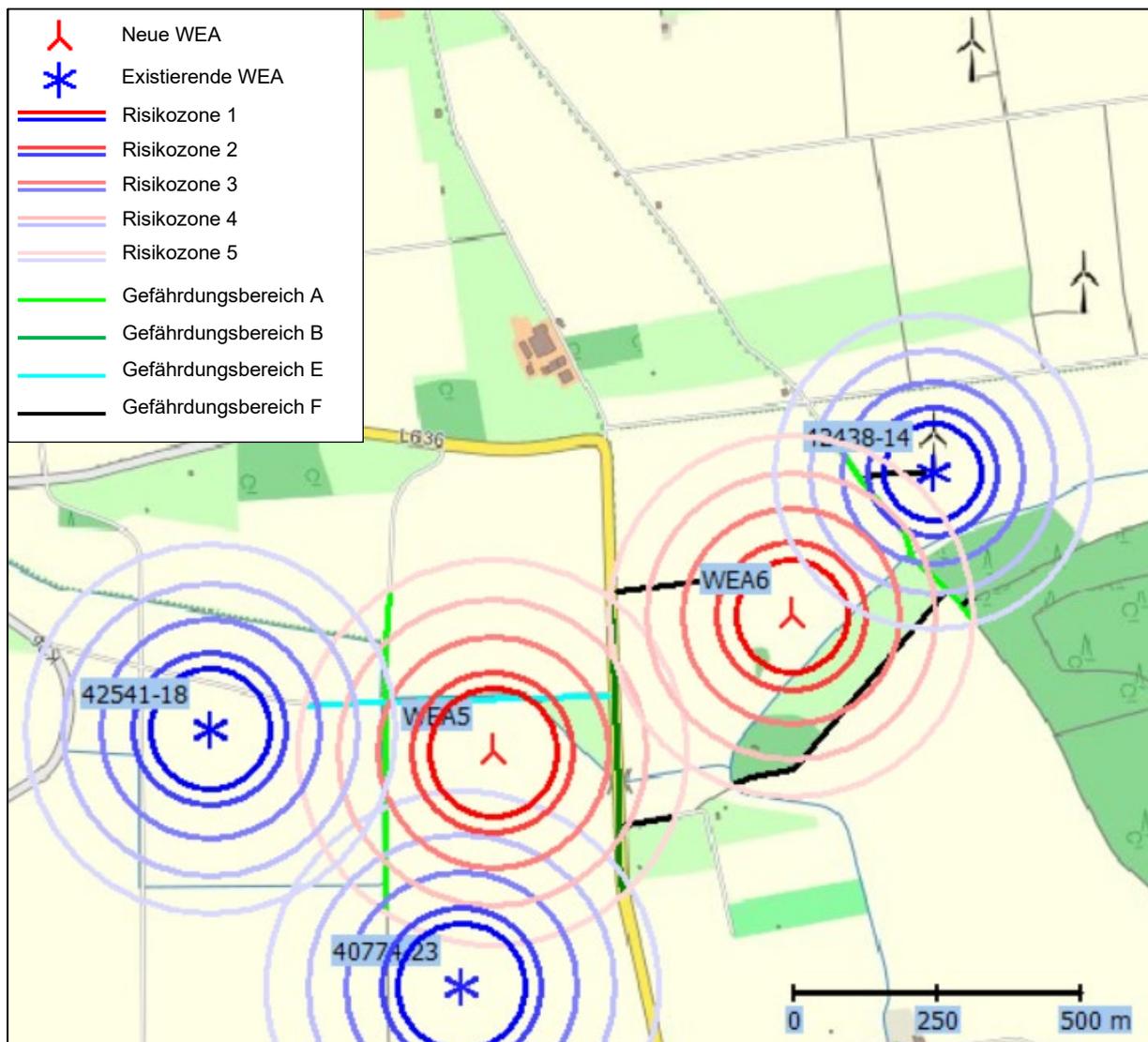
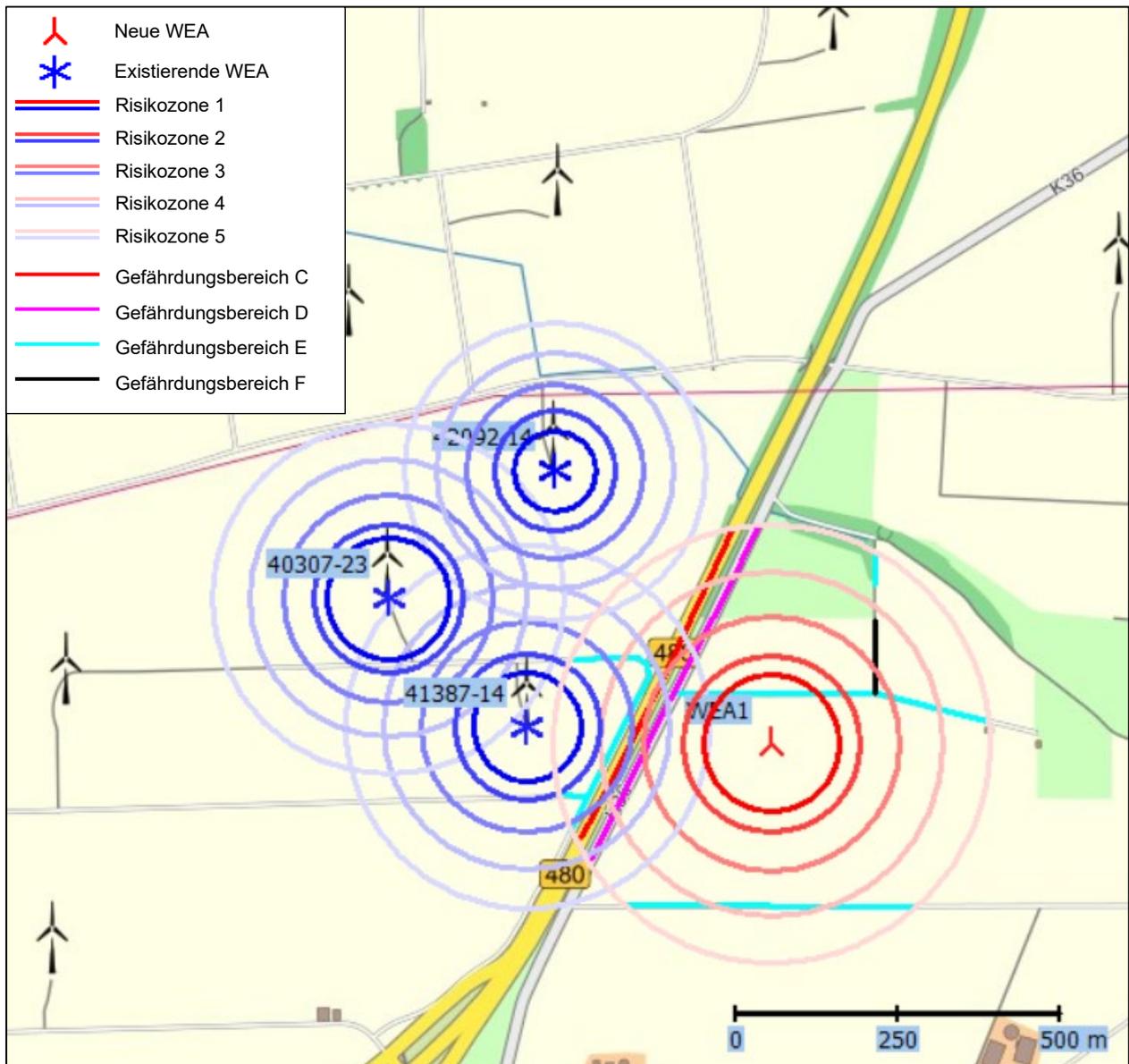


Abbildung 6: WEA 5 und 6 mit GB A, GB B, GB E und GB F (© Geoglis [1])



**Abbildung 7: WEA 1 mit GB C, GB D, GB E und GB F (© Geoglis [1])**

Bei Gefährdungsbereich A handelt es sich um ausgewiesene Wanderwege, wie z.B. den Lippe Diemel Weg, ein Regionalwanderweg des Eggegebirgsvereins. Der Via Regis oder Via Regia ist eine alte Handelsroute und Pilgerweg. Die Wanderwege verlaufen zum Teil auf befestigten und zum Teil auf unbefestigten Wald-, Feld- und Wirtschaftswegen. Sie werden von Wanderern und Radfahrern (Gefährdungsgruppe P) und in einigen Bereichen von Kfz (Gefährdungsgruppe K) genutzt. Für die Gefährdungsgruppe P wird konservativ geschätzt ein durchschnittlicher Wert von 50 zurückgelegten Wegstrecken pro Tag sowie für die Gefährdungsgruppe K ein Wert von 10 zurückgelegten Wegstrecken pro Tag angenommen. Für die Personen 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 ‚Fürstenberger Straße‘ bzw. Landstraße 636. Sie verläuft als Verbindungsstraße zwischen Haaren und Fürstenberg. Sie wird von Radfahrern (Gefährdungsgruppe P) und Kfz (Gefährdungsgruppe K) genutzt. Für die Gefährdungsgruppe P wird konservativ geschätzt ein durchschnittlicher Wert von 25 zurückgelegten Wegstrecken pro Tag angenommen. Nach der Straßenverkehrszählung 2019 [10] kommt es auf der Strecke zu einem durchschnittlichen Verkehrsaufkommen von 2696 gezählten Kfz pro Tag. Für die Personen wird eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 10 km/h und für die Kfz eine von 70 km/h herangezogen.

Bei Gefährdungsbereich C handelt es sich um die Bundesstraße 480. Nach Angaben der Straßenverkehrszählung 2019 [10] kommt es auf der B480 zwischen Haaren und Bad Wünnenberg zu einem durchschnittlichen Verkehrsaufkommen von 7545 gezählten Kfz pro Tag. Für die Kfz (Gefährdungsgruppe K) wird eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 100 km/h herangezogen.

Bei Gefährdungsbereich D handelt es sich um die Kreisstraße 36. Sie wird von Radfahrern (Gefährdungsgruppe P) und Kfz (Gefährdungsgruppe K) genutzt. Nach Angaben der Straßenverkehrszählung 2021 [11] kommt es auf der K36 zwischen Haaren und der Landstraße L549 zu einem durchschnittlichen Verkehrsaufkommen von 745 gezählten Kfz pro Tag. Für die Kfz (Gefährdungsgruppe K) wird eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 70 km/h herangezogen. Für die Gefährdungsgruppe P wird konservativ geschätzt ein durchschnittlicher Wert von 25 zurückgelegten Wegstrecken pro Tag angenommen, sowie eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 10 km/h für die Gefährdungsgruppe P.

Bei Gefährdungsbereich E handelt es sich um verschiedene befestigte Wirtschaftswege. Diese werden von Fußgängern (Gefährdungsgruppe P) und Kfz (Gefährdungsgruppe K) genutzt. Für die Gefährdungsgruppe P wird konservativ geschätzt ein durchschnittlicher Wert von 25 zurückgelegten Wegstrecken pro Tag sowie für die Gefährdungsgruppe K ein Wert von 10 zurückgelegten Wegstrecken pro Tag angenommen. Für die Personen wird eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 3 km/h und für die Kfz eine von 20 km/h herangezogen.

Bei Gefährdungsbereich F handelt es sich um verschiedene unbefestigte Wirtschaftswege. Diese werden von Fußgängern (Gefährdungsgruppe P) und Kfz (Gefährdungsgruppe K) genutzt. Für die Gefährdungsgruppe P wird konservativ geschätzt ein durchschnittlicher Wert von 5 zurückgelegten Wegstrecken pro Tag sowie für die Gefährdungsgruppe K ein Wert von 2 zurückgelegten Wegstrecken pro Tag angenommen. Für die Personen wird eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 3 km/h und für die Kfz eine von 10 km/h herangezogen.

**Tabelle 4: Zusammenfassung Gefährdungsbereiche**

Gefährdungs-		Bezeichnung	Frequentierung pro Tag [Anzahl Wegstrecken]	Geschwindigkeit
Bereich	Gruppe			
A	P	Diverse Wanderwege	50	3 km/h
	K		10	20 km/h
B	P	Landstraße 636	25	10 km/h
	K		2696	70 km/h
C	K	Bundesstraße 480	7545	100 km/h
D	P	Kreisstraße 36	25	10 km/h
	K		745	70 km/h
E	P	Befestigte Wirtschafts- wege	25	3 km/h
	K		10	20 km/h
F	P	Unbefestigte Feldwege	5	3
	K		2	10

Die für die jeweiligen Gefährdungsbereiche in den verschiedenen Risikozonen relevanten Windrichtungen sind unterteilt in zwölf Bereiche in den nachfolgenden Tabellen 5 bis 16 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 1**

GB	RZ 1	RZ 2	RZ 3	RZ 4	RZ 5
A	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-
C	-	-	O, OSO	ONO, O, OSO, SSO	ONO, O, SSO, S
D	-	-	O, OSO, SSO	ONO, O, SSO, S	ONO, S
E	Alle	OSO, SSO, SSW, WSW	OSO, WSW	N, NNO, O, OSO, WSW, W, NNW	NNO, ONO, O, OSO, SSW, W, NNW
F	-	-	-	WSW	SSW, WSW

**Tabelle 6: Rel. Windrichtungen der zum Gesamtrisiko beitragenden WEA für WEA 1**

WEA	GB A	GB B	GB C	GB D	GB E	GB F
2	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-
42541-18	-	-	-	-	-	-
41100-20	-	-	-	-	-	-
40307-23	-	-	-	-	-	-
41387-14	-	-	WSW, W, WNW, NNW	WSW, W, WNW, NNW	SSW, WSW, W, WNW, NNW	-
42092-14	-	-	-	-	-	-
42438-14	-	-	-	-	-	-
40774-23	-	-	-	-	-	-
40779-23	-	-	-	-	-	-

**Tabelle 7: Relevante Windrichtungen WEA 2**

GB	RZ 1	RZ 2	RZ 3	RZ 4	RZ 5
A	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-
C	-	-	-	-	-
D	-	-	-	-	-
E	Alle	OSO, SSO, SSW, WSW, W, WNW, NNW	N, OSO, WSW, W, NNW	N, NNO, OSO, SSW, WSW, W, NNW	N, NNO, O, OSO, SSW, W, WNW
F	Alle	S, WNW, NNW	S, WNW	N, S, WNW, NNW	N, S, SSW, WSW, WNW, NNW

**Tabelle 8: Rel. Windrichtungen der zum Gesamtrisiko beitragenden WEA für WEA 2**

WEA	GB A	GB B	GB C	GB D	GB E	GB F
1	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	ONO	NNO, ONO
4	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-
42541-18	-	-	-	-	-	-
41100-20	-	-	-	-	-	-
40307-23	-	-	-	-	-	-
41387-14	-	-	-	-	-	-
42092-14	-	-	-	-	-	-
42438-14	-	-	-	-	-	-
40774-23	-	-	-	-	-	-
40779-23	-	-	-	-	-	-

**Tabelle 9: Relevante Windrichtungen WEA 3**

GB	RZ 1	RZ 2	RZ 3	RZ 4	RZ 5
A	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-
C	-	-	-	-	-
D	-	-	-	-	-
E	Alle	OSO, SSO	O, OSO	ONO, O, OSO	ONO, OSO
F	Alle	N, NNO, ONO, O, S, SSW, WNW	N, O, S, WNW	N, S, WSW, WNW, NNW	N, NNO, ONO, S, SSW, WSW, W, WNW, NNW

**Tabelle 10: Rel. Windrichtungen der zum Gesamtrisiko beitragenden WEA für WEA 3**

WEA	GB A	GB B	GB C	GB D	GB E	GB F
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	SSW	SSW, WSW
4	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-
42541-18	-	-	-	-	-	-
41100-20	-	-	-	-	-	-
40307-23	-	-	-	-	-	-
41387-14	-	-	-	-	-	-
42092-14	-	-	-	-	-	-
42438-14	-	-	-	-	-	-
40774-23	-	-	-	-	-	-
40779-23	-	-	-	-	-	NNO

**Tabelle 11: Relevante Windrichtungen WEA 4**

GB	RZ 1	RZ 2	RZ 3	RZ 4	RZ 5
A	-	-	ONO, O	NNO, ONO, O, OSO	N, NNO, OSO, SSO
B	-	-	WSW, W, WNW	SSW, WSW, WNW, NNW	N, SSW, NNW
C	-	-	-	-	-
D	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-
F	-	OSO, SSO, SSW	OSO, SSW, WSW	NNO, O, OSO, WSW, WNW	NNO, ONO, O, WSW, WNW

**Tabelle 12: Rel. Windrichtungen der zum Gesamtrisiko beitragenden WEA für WEA 4**

WEA	GB A	GB B	GB C	GB D	GB E	GB F
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-
42541-18	-	-	-	-	-	-
41100-20	-	-	-	-	-	-
40307-23	-	-	-	-	-	-
41387-14	-	-	-	-	-	-
42092-14	-	-	-	-	-	-
42438-14	-	-	-	-	-	-
40774-23	-	-	-	-	-	-
40779-23	SSW, WSW, W, WNW	-	-	-	-	N, W, WNW, NNW

**Tabelle 13: Relevante Windrichtungen WEA 5**

GB	RZ 1	RZ 2	RZ 3	RZ 4	RZ 5
A	-	-	ONO, O, OSO	NNO, ONO, OSO, SSO	NNO, SSO
B	-	-	-	WSW, W, WNW	SSW, WSW, WNW, NNW
C	-	-	-	-	-
D	-	-	-	-	-
E	Alle	OSO, SSO, SSW, WSW	OSO, WSW	OSO, WSW	O, OSO
F	-	-	-	WNW	WNW

**Tabelle 14: Rel. Windrichtungen der zum Gesamtrisiko beitragenden WEA für WEA 5**

WEA	GB A	GB B	GB C	GB D	GB E	GB F
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-
6	-	ONO, O	-	-	-	-
42541-18	WSW, W, WNW	-	-	-	W	-
41100-20	-	-	-	-	-	-
40307-23	-	-	-	-	-	-
41387-14	-	-	-	-	-	-
42092-14	-	-	-	-	-	-
42438-14	-	-	-	-	-	-
40774-23	OSO, SSO	WSW	-	-	-	-
40779-23	-	-	-	-	-	-

**Tabelle 15: Relevante Windrichtungen WEA 6**

GB	RZ 1	RZ 2	RZ 3	RZ 4	RZ 5
A	-	-	-	SSW, WSW	S, SSW, WSW, W
B	-	-	-	-	ONO, O
C	-	-	-	-	-
D	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-
F	-	OSO	OSO, WNW, NNW	N, O, OSO, W, WNW, NNW	N, NNO, O, SSW, W

**Tabelle 16: Rel. Windrichtungen der zum Gesamtrisiko beitragenden WEA für WEA 6**

WEA	GB A	GB B	GB C	GB D	GB E	GB F
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-
5	-	SSW, WSW	-	-	-	-
42541-18	-	-	-	-	-	-
41100-20	-	-	-	-	-	-
40307-23	-	-	-	-	-	-
41387-14	-	-	-	-	-	-
42092-14	-	-	-	-	-	-
42438-14	N, NNO, ONO, O, OSO, NNW	-	-	-	-	Alle
40774-23	-	-	-	-	-	-
40779-23	-	-	-	-	-	-

Die Gefährdungsbereiche werden entsprechend Ihrer Lage einer Risikozone zugeordnet, für die in Kapitel 4 eine Risikobewertung auf Basis der in den Tabellen 4 bis 16 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.

Für kleinere Straßen sowie Wald-, Wander- und Wirtschaftswege wird das individuelle Risiko berechnet, in stark frequentierten Bereichen wie beispielsweise Bundes- und Landstraßen sowie Autobahnen wird für Gefährdungsgruppe K das kollektive Risiko berechnet. Das kollektive Risiko wird dabei als die Summe aller Risiken für betroffene Personen verstanden.

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>12</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<sup>13</sup> 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.

---

<sup>12</sup> BVerfGE 49, 89 (142).

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

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 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 zurückgelegten Wegstrecken von Personen bzw. Kfz berücksichtigt.

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

Das bestehende Risiko auf Bundes- und Landstraßen, viel frequentierten Kreisstraßen sowie Autobahnen basiert auf Unfallstatistiken und der Frequentierung der entsprechenden Straße. Für die Landstraße 636 (Gefährdungsbereich B) weist der Unfallatlas der statistischen Ämter des Bundes und der Länder [12] maximal zwei Unfälle pro Jahr aus. Dieser Wert wird herangezogen, um die Unfallwahrscheinlichkeit für Gefährdungsbereich B zu bestimmen. Für die Bundesstraße 480 (Gefährdungsbereich C) weist der Unfallatlas der statistischen Ämter des Bundes und der Länder [12] maximal zwei Unfälle pro Jahr aus. Dieser Wert wird herangezogen, um die Unfallwahrscheinlichkeit für Gefährdungsbereich C zu bestimmen. Für die Kreisstraße 36 (Gefährdungsbereich D) weist der Unfallatlas der statistischen Ämter des Bundes und der Länder [12] maximal einen Unfall pro Jahr aus. Dieser Wert wird herangezogen, um die Unfallwahrscheinlichkeit für Gefährdungsbereich D zu bestimmen.

## 4.2 Grundlagen Bewertung des Risikos

Um ein Risiko entsprechend den gegebenen Situationen zu bewerten, muss das Risiko quantifiziert werden. Für die Quantifizierung des individuellen Risikos wird auf das Prinzip der minimalen endogenen Mortalität (MEM) zurückgegriffen [13]. Die MEM beschreibt das Maß des akzeptablen Risikos, welches von der entsprechenden Technologie<sup>14</sup> ausgeht. Die Sterblichkeitsrate beträgt  $2 * 10^{-4}$  Todesfälle pro Jahr<sup>15</sup>.

---

<sup>14</sup> Dies betrifft alle Lebensbereiche wie Arbeit, Verkehr und Freizeit.

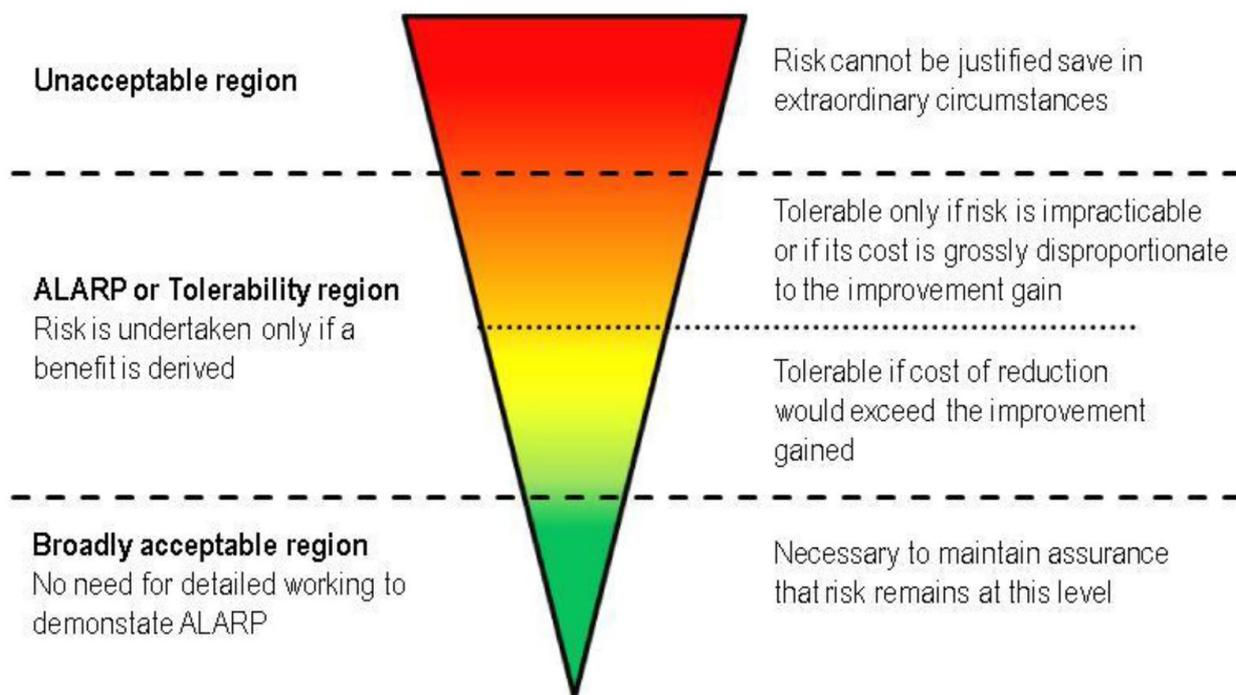
<sup>15</sup> Zu Grunde gelegt wurde die Gruppe der 5- bis 15-jährigen, da in dieser Gruppe die Sterblichkeit in wirtschaftlich gut entwickelten Ländern am niedrigsten ist, vgl. DIN EN 50126.

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 [13]. 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.

Für die Quantifizierung des kollektiven Risikos liegt der Grenzwert bei  $1 \cdot 10^{-3}$  Todesfällen pro Jahr [14].

Nach dem ALARP-Prinzip („as low as reasonably practicable“) werden im Allgemeinen drei Bereiche der Risikobewertung definiert: Akzeptabel, tolerierbar und inakzeptabel.



**Abbildung 8: ALARP-Prinzip [14]**

Daraus ergeben sich die in Tabelle 17 dargestellten Bewertungen.

**Tabelle 17: Anwendung des ALARP-Prinzips [14]**

Kollektives Risiko	Individuelles Risiko	ALARP-Auswertung
$> 10^{-3}$	$> 10^{-5}$	Inakzeptables Risiko. Weitere Maßnahmen sind zu treffen.
$10^{-3}$ bis $10^{-4}$	$10^{-5}$ bis $10^{-6}$	Tolerables Risiko. Maßnahmen sind in Betracht zu ziehen.
$10^{-4}$ bis $10^{-5}$	$10^{-6}$ bis $10^{-7}$	Tolerables Risiko. Maßnahmen sind in der Regel nicht erforderlich.
$< 10^{-5}$	$< 10^{-7}$	Akzeptables Risiko. Es sind keine Maßnahmen erforderlich.

### 4.3 Risikoanalyse am Standort Bad Wünnenberg-Sintfeld

Am Standort Bad Wünnenberg-Sintfeld wurde eine Berechnung des Tötungsrisikos durch Eisfall von sechs geplanten Windenergieanlagen des Typs Vestas V162-7.2, V150-6.0 und V136-4.2 bezogen auf den Zeitraum eines Jahres durchgeführt. Grundlage der Risikobewertung ist für Gefährdungsgruppe K in den Gefährdungsbereichen B, C und D das kollektive Risiko und für alle übrigen Gefährdungsgruppen in den verschiedenen Gefährdungsbereichen das individuelle Risiko.

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 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>16</sup> bzw. Stillstands besteht.

<sup>16</sup> Der Trudelbetrieb mit bis zu drei Umdrehungen/Minute wurde bei den Berechnungen berücksichtigt.

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 den nachfolgenden Tabellen dargestellt.

**Tabelle 18: Ergebnisse der Risikoanalyse für WEA 1**

Gefährdungs-		Grundlage Risiko- bewertung	Trefferhäufigkeit				
Bereich	Gruppe		RZ1	RZ2	RZ3	RZ4	RZ5
A	P	individuell	-	-	-	-	-
	K	individuell	-	-	-	-	-
B	P	individuell	-	-	-	-	-
	K	kollektiv	-	-	-	-	-
C	K	kollektiv	-	-	1,2 *10 <sup>-6</sup>	3,1 *10 <sup>-6</sup>	2,1 *10 <sup>-6</sup>
D	P	individuell	-	-	9,7 *10 <sup>-10</sup>	8,5 *10 <sup>-10</sup>	4,1 *10 <sup>-10</sup>
	K	kollektiv	-	-	3,8 *10 <sup>-6</sup>	3,8 *10 <sup>-6</sup>	3,7 *10 <sup>-6</sup>
E	P	individuell	5,2 *10 <sup>-8</sup>	4,2 *10 <sup>-9</sup>	1,5 *10 <sup>-9</sup>	1,3 *10 <sup>-8</sup>	8,3 *10 <sup>-9</sup>
	K	individuell	6,9 *10 <sup>-8</sup>	5,6 *10 <sup>-9</sup>	2,0 *10 <sup>-9</sup>	1,8 *10 <sup>-8</sup>	1,1 *10 <sup>-8</sup>
F	P	individuell	-	-	2,1 *10 <sup>-10</sup>	4,5 *10 <sup>-11</sup>	-
	K	individuell	-	-	5,5 *10 <sup>-10</sup>	1,2 *10 <sup>-10</sup>	-

Tabelle 19: Ergebnisse der Risikoanalyse für WEA 2

Gefährdungs-		Grundlage Risiko- bewertung	Trefferhäufigkeit				
Bereich	Gruppe		RZ1	RZ2	RZ3	RZ4	RZ5
A	P	individuell	-	-	-	-	-
	K	individuell	-	-	-	-	-
B	P	individuell	-	-	-	-	-
	K	kollektiv	-	-	-	-	-
C	K	kollektiv	-	-	-	-	-
D	P	individuell	-	-	-	-	-
	K	kollektiv	-	-	-	-	-
E	P	individuell	5,0 * 10 <sup>-8</sup>	3,2 * 10 <sup>-8</sup>	9,0 * 10 <sup>-9</sup>	1,9 * 10 <sup>-9</sup>	2,9 * 10 <sup>-10</sup>
	K	individuell	6,7 * 10 <sup>-8</sup>	4,3 * 10 <sup>-8</sup>	1,2 * 10 <sup>-8</sup>	2,5 * 10 <sup>-9</sup>	3,8 * 10 <sup>-10</sup>
F	P	individuell	1,0 * 10 <sup>-8</sup>	3,0 * 10 <sup>-9</sup>	9,1 * 10 <sup>-10</sup>	2,7 * 10 <sup>-10</sup>	2,4 * 10 <sup>-11</sup>
	K	individuell	2,7 * 10 <sup>-8</sup>	8,1 * 10 <sup>-9</sup>	2,4 * 10 <sup>-9</sup>	7,2 * 10 <sup>-10</sup>	6,5 * 10 <sup>-11</sup>

Tabelle 20: Ergebnisse der Risikoanalyse für WEA 3

Gefährdungs-		Grundlage Risiko- bewertung	Trefferhäufigkeit				
Bereich	Gruppe		RZ1	RZ2	RZ3	RZ4	RZ5
A	P	individuell	-	-	-	-	-
	K	individuell	-	-	-	-	-
B	P	individuell	-	-	-	-	-
	K	kollektiv	-	-	-	-	-
C	K	kollektiv	-	-	-	-	-
D	P	individuell	-	-	-	-	-
	K	kollektiv	-	-	-	-	-
E	P	individuell	5,0 * 10 <sup>-8</sup>	1,2 * 10 <sup>-9</sup>	8,9 * 10 <sup>-10</sup>	3,1 * 10 <sup>-10</sup>	3,5 * 10 <sup>-11</sup>
	K	individuell	6,6 * 10 <sup>-8</sup>	1,7 * 10 <sup>-9</sup>	1,2 * 10 <sup>-9</sup>	4,2 * 10 <sup>-10</sup>	4,7 * 10 <sup>-11</sup>
F	P	individuell	9,9 * 10 <sup>-9</sup>	3,5 * 10 <sup>-9</sup>	1,2 * 10 <sup>-9</sup>	3,2 * 10 <sup>-10</sup>	7,1 * 10 <sup>-11</sup>
	K	individuell	2,6 * 10 <sup>-8</sup>	9,5 * 10 <sup>-9</sup>	3,1 * 10 <sup>-9</sup>	8,6 * 10 <sup>-10</sup>	1,9 * 10 <sup>-10</sup>

Tabelle 21: Ergebnisse der Risikoanalyse für WEA 4

Gefährdungs-		Grundlage Risiko- bewertung	Trefferhäufigkeit				
Bereich	Gruppe		RZ1	RZ2	RZ3	RZ4	RZ5
A	P	individuell	-	-	$4,8 \cdot 10^{-9}$	$1,4 \cdot 10^{-8}$	$2,5 \cdot 10^{-9}$
	K	individuell	-	-	$3,2 \cdot 10^{-9}$	$9,4 \cdot 10^{-9}$	$1,6 \cdot 10^{-9}$
B	P	individuell	-	-	$3,4 \cdot 10^{-9}$	$4,5 \cdot 10^{-10}$	$1,0 \cdot 10^{-11}$
	K	kollektiv	-	-	$3,2 \cdot 10^{-6}$	$2,2 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$
C	K	kollektiv	-	-	-	-	-
D	P	individuell	-	-	-	-	-
	K	kollektiv	-	-	-	-	-
E	P	individuell	-	-	-	-	-
	K	individuell	-	-	-	-	-
F	P	individuell	-	$5,4 \cdot 10^{-10}$	$1,4 \cdot 10^{-9}$	$2,7 \cdot 10^{-9}$	$1,2 \cdot 10^{-9}$
	K	individuell	-	$1,4 \cdot 10^{-9}$	$3,8 \cdot 10^{-9}$	$7,1 \cdot 10^{-9}$	$3,3 \cdot 10^{-9}$

Tabelle 22: Ergebnisse der Risikoanalyse für WEA 5

Gefährdungs-		Grundlage Risiko- bewertung	Trefferhäufigkeit				
Bereich	Gruppe		RZ1	RZ2	RZ3	RZ4	RZ5
A	P	individuell	-	-	$3,5 \cdot 10^{-9}$	$1,0 \cdot 10^{-9}$	$1,1 \cdot 10^{-9}$
	K	individuell	-	-	$2,3 \cdot 10^{-9}$	$6,7 \cdot 10^{-10}$	$7,2 \cdot 10^{-10}$
B	P	individuell	-	-	-	$6,9 \cdot 10^{-10}$	$3,8 \cdot 10^{-11}$
	K	kollektiv	-	-	-	$2,3 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$
C	K	kollektiv	-	-	-	-	-
D	P	individuell	-	-	-	-	-
	K	kollektiv	-	-	-	-	-
E	P	individuell	$5,1 \cdot 10^{-8}$	$4,2 \cdot 10^{-9}$	$1,5 \cdot 10^{-9}$	$1,4 \cdot 10^{-9}$	$5,6 \cdot 10^{-9}$
	K	individuell	$6,8 \cdot 10^{-8}$	$5,5 \cdot 10^{-9}$	$2,0 \cdot 10^{-9}$	$1,9 \cdot 10^{-9}$	$7,4 \cdot 10^{-9}$
F	P	individuell	-	-	-	$1,9 \cdot 10^{-10}$	$1,3 \cdot 10^{-11}$
	K	individuell	-	-	-	$5,1 \cdot 10^{-10}$	$3,5 \cdot 10^{-11}$

**Tabelle 23: Ergebnisse der Risikoanalyse für WEA 6**

Gefährdungs-		Grundlage Risiko- bewertung	Trefferhäufigkeit				
Bereich	Gruppe		RZ1	RZ2	RZ3	RZ4	RZ5
A	P	individuell	-	-	-	$1,0 \cdot 10^{-8}$	$8,2 \cdot 10^{-9}$
	K	individuell	-	-	-	$7,0 \cdot 10^{-8}$	$5,5 \cdot 10^{-9}$
B	P	individuell	-	-	-	-	$7,0 \cdot 10^{-11}$
	K	kollektiv	-	-	-	-	$2,1 \cdot 10^{-6}$
C	K	kollektiv	-	-	-	-	-
D	P	individuell	-	-	-	-	-
	K	kollektiv	-	-	-	-	-
E	P	individuell	-	-	-	-	-
	K	individuell	-	-	-	-	-
F	P	individuell	-	$1,9 \cdot 10^{-10}$	$1,3 \cdot 10^{-9}$	$5,3 \cdot 10^{-10}$	$1,3 \cdot 10^{-8}$
	K	individuell	-	-	$5,5 \cdot 10^{-10}$	$1,3 \cdot 10^{-10}$	-

Die Richtwerte werden für alle Gefährdungsbereiche um den Faktor 145 deutlich unterschritten. Nach dem ALARP-Prinzip sind für alle GB im Bereich der Risikozonen der geplanten WEA 1 bis 6 keine risikoreduzierenden Maßnahmen erforderlich. Mit einfachen Maßnahmen wie dem Aufstellen von Warnhinweisen im Bereich der Risikozonen kann jedoch eine weitere Risikominimierung erreicht werden.

**Somit sind potenzielle Gefahren für den Menschen durch Eisfall ausgehend von den geplanten WEA am Standort Bad Wünnenberg-Sintfeld als akzeptables Restrisiko einzustufen.**

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] geoGLIS\_oHG, onmaps GEOBasis-DE / BKG / NRW, 2023.
- [2] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Richtlinie für Windenergieanlagen - Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung, Reihe B, Heft 8, 2012.
- [3] Liste der Technischen Baubestimmungen (LTB) des Landes Baden-Württemberg, 14.11.2014.
- [4] „European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF),“ [Online]. Available: <http://www.ecmwf.int/>.
- [5] Deutscher Wetterdienst (DWD), „Erläuterungen der dargestellten Größen,“ [Online]. Available: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=100652&lv3=100720>. [Zugriff am 13 05 2020].
- [6] Deutscher Wetterdienst (DWD), „Deutscher Klimaatlas,“ [Online]. Available: [https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html). [Zugriff am 27 06 2022].
- [7] Jarass, Hans D., BImSchG-Kommentar, 10. Auflage, 2013.
- [8] Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, „Änderung des Runderlasses Einführung Technischer Baubestimmungen nach § 3 (Anlage 2.7/12, Abschnitt 2),“ Düsseldorf, 04.02.2015.
- [9] TK25, Topografische Karte im Maßstab 1:25.000, Landesvermessungsamt des jeweiligen Bundeslandes, aktuellste Version.
- [10] Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, „Verkehrsstärkenkarte Nordrhein-Westfalen, Straßenverkehrszählung 2019 an den Straßen des überörtlichen Verkehrs,“ Düsseldorf, 2019.
- [11] S. L. S. Nordrhein-Westfalen, „Verkehrsstärken Nordrhein-Westfalen Straßenverkehrszählung 2021 an den Straßen des überörtlichen Verkehrs 1:250 000,“ 2021.
- [12] „Unfallatlas,“ Statistische Ämter des Bundes und der Länder, [Online]. Available: <https://unfallatlas.statistikportal.de/>. [Zugriff am 10 06 2022].
- [13] R. Breuer, Anlagensicherheit und Störfälle Vergleichende Risikobewertung im Atom- und Immissionsschutzrecht, Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht (NVwZ), 1990, p. 211.
- [14] IEA Wind TCP Task 19, *International Recommendations for Ice Fall and Ice Throw Risk Assessments*, Oktober 2018.

## **6 Anhang**

- Deutscher Klimaatlas

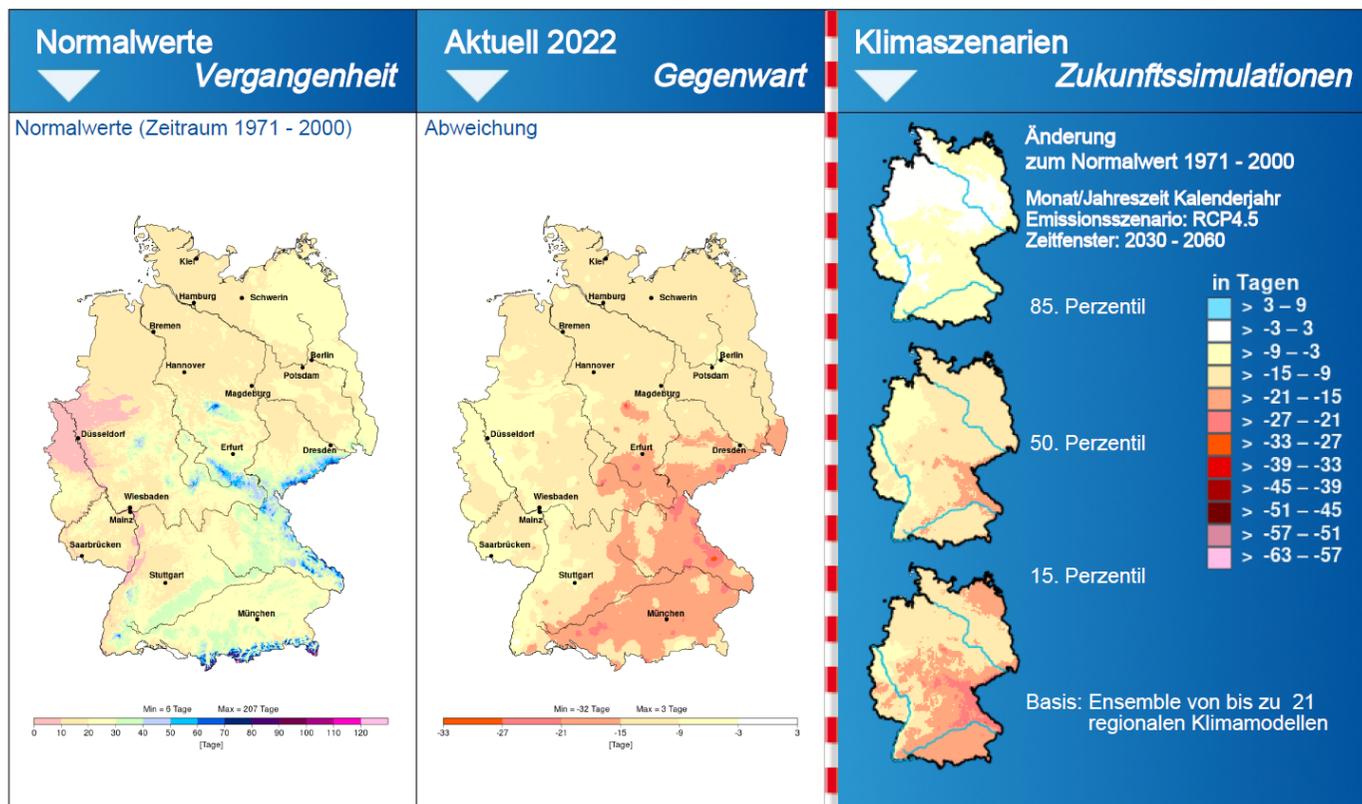
Allgemein

# Deutscher Klimaatlas

Deutschland Eistage

Kalenderjahr 2022

Emissionsszenario: RCP4.5 Zeitfenster: 2030 - 2060



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 19.01.2023  
um 11:46 Uhr