

Kurzbericht zur Risikobeurteilung Eisabwurf/Eisabfall, Rotorblattbruch und Turm- versagen zur geplanten 58. Änderung des Flä- chennutzungsplanes (Zweite Erweiterung des Windparks Königshoven) auf dem Stadtgebiet Bedburg (Rhein-Erft-Kreis)

Erstellt im Auftrag für

RWE Wind Onshore & PV Deutschland GmbH
Hannover

Revision 0

Hamburg, 07.04.2022

Revision	Datum	Änderung
0	07.04.2022	Erste Ausgabe

Gegenstand: Kurzbericht zur Risikobeurteilung Eisabwurf/Eisabfall, Rotorblattbruch und Turmversagen zur geplanten 58. Änderung des Flächennutzungsplanes (Zweite Erweiterung des Windparks Königshoven) auf dem Stadtgebiet Bedburg (Rhein-Erft-Kreis)

Referenz-Nr.: 2021-WND-RB-449-R0

Auftraggeber: RWE Wind Onshore & PV Deutschland GmbH
Lister Strasse 10
30163 Hannover

Anlagenhersteller: Nordex SE
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg

WEA-Typ:	P_{Nenn} [MW]	D [m]	NH [m]
Nordex N163/5.X	5,7	163,0	164,0

Vom Auftraggeber eingereichte Unterlagen:

- Angesetzte WEA-Spezifikationen /1/.
- Lageplan mit Darstellung des Planungsgebietes /2/.
- Angabe einer möglichen Überhöhung der WEA gegenüber den Schutzobjekten /3/.
- Beschreibung der Schutzobjekte und des WEA-Standorts sowie Angaben zu den Nutzungshäufigkeiten am Standort /4/.
- Weibull-Parameter A und k sowie die Windverteilung auf Nabenhöhe /5/.

Die Ausarbeitung der gutachtlichen Stellungnahme erfolgte durch:

Verfasser	B.Sc. F. Lautenschlager Sachverständiger	Hamburg, 07.04.2022
Geprüft durch	M.Sc. N. Cromm Sachverständiger	Hamburg, 07.04.2022

Für weitere Auskünfte:

TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG
B.Sc. F. Lautenschlager
Große Bahnstraße 31
22525 Hamburg

Tel.: +49 40 8557 1482
Fax: +49 40 8557 2429
E-Mail: flautenschlager@tuev-nord.de

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	6
2	Randbedingungen	7
2.1	<i>Windenergieanlagen-Spezifikationen</i>	<i>7</i>
2.2	<i>Automatische Eisabschaltung (Eisabwurf).....</i>	<i>7</i>
2.3	<i>Windenergieanlagen-Standorte.....</i>	<i>8</i>
2.4	<i>Windverhältnisse.....</i>	<i>9</i>
3	Gefährdungsbereiche.....	10
3.1	<i>Eisabfall</i>	<i>10</i>
3.2	<i>Rotorblattbruch.....</i>	<i>15</i>
3.3	<i>Turmversagen.....</i>	<i>18</i>
4	Modell- und Datenunsicherheiten	20
5	Risikobewertung Ergebnisse.....	20
6	Literatur- und Quellenangaben.....	25

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Lageplan /2/ (Rotorradius schwarz gestrichelt).....	8
Abbildung 2:	Gefährdungsradius Eisabfall – rot gestrichelt.....	11
Abbildung 3:	Auftreffpunkte bei Eisabfall. Rotorblattradius schwarz gestrichelt.	13
Abbildung 4:	Gefährdungsflächen: Trefferhäufigkeiten [1/m ²] pro Eisabfall. Rotorblattradius schwarz gestrichelt. Lageplan /2/.....	14
Abbildung 5:	Auftreffpunkte bei Rotorblattbruch. Rotorblattradius schwarz gestrichelt...	16
Abbildung 6:	Gefährdungsflächen: Trefferhäufigkeiten [1/ m ²] pro Rotorblattbruch. Rotorblattradius schwarz gestrichelt.	17
Abbildung 7:	Gefährdungsbereiche (hellrot) bei Turmversagen (schwarzer Balken). Gefährdungsradien (rot gestrichelt) bei Turmversagen: innen – Gondel, außen – Gesamthöhe.....	19

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Wahrscheinlichkeitszonen und mittlere Trefferhäufigkeiten (Eisabfall), *alles außerhalb der Zone 4.....	12
Tabelle 2:	Wahrscheinlichkeitszonen und mittlere Trefferhäufigkeiten (Rotorblattbruch). *alles außerhalb der Zone 4.	15
Tabelle 3:	Ermittelten Individual- und Kollektivrisiken.....	21
Tabelle 4:	Ergebnis: Summe der ermittelten Individual- und Kollektivrisiken.	22

1 Aufgabenstellung

Im Rahmen der geplanten zweiten Erweiterung des Windparks Königshoven soll der Flächennutzungsplan des Gebietes entsprechend geändert werden (geplante 58. Änderung des Flächennutzungsplans auf dem Standgebiet Bedburg). Die geplante Konzentrationszone für Windenergieanlagen (WEA) umfasst Teile der bestehenden Konzentrationszone des Windparks Kaiskorb, welcher entsprechend gerepowered werden soll /4/.

Gemäß Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) /15/ §5 Abs. 1 Nr. 1 sind genehmigungsbedürftige Anlagen so zu errichten und zu betreiben, dass zur Gewährleistung eines hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft nicht hervorgerufen werden können. Eisobjekte sowie Trümmerteile (Rotorblattbruch und Turmversagen) sind im Sinne des BImSchG als „sonstige Gefahr“ zu betrachten (siehe auch /16/), der Einfluss auf das Schutzniveau der Umwelt ist für den jeweiligen Standort zu bewerten (standortbezogene Risikobeurteilung).

Die TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG (TÜV NORD) ist von der RWE Wind Onshore & PV Deutschland GmbH mit Schreiben vom 17.02.2022 mit der Erstellung einer Risikobeurteilung Eisabwurf/Eisabfall, Rotorblattbruch und Turmversagen beauftragt worden. Die folgende Vorgehensweise ist Gegenstand der Beauftragung:

Erstellung einer Risikobeurteilung für die geplante 58. Änderung des Flächennutzungsplans zur möglichen Gefährdung von Verkehrsteilnehmern auf den nahegelegenen Autobahnen A44n und A61 durch Eisabwurf/Eisabfall, Rotorblattbruch und Turmversagen der möglichen WEA am Standort der zweiten Erweiterung des Windparks Königshoven. Da es sich um die Änderung des Flächennutzungsplans handelt, stehen derzeit weder die WEA-Standorte noch der WEA-Typ fest. Für die WEA-Standorte wurde eine zu berücksichtigende Planung übermittelt /2/. Für den WEA-Typ wurde exemplarisch eine Nordex N163/5.X mit 164,0 m Nabenhöhe für die Risikobeurteilung berücksichtigt. Die Stellungnahme beinhaltet die folgenden Arbeitsschritte:

1. Darstellung des geplanten Projekts mit Angaben zu den Eigenschaften der WEA und dem Standort.
2. Ermittlung und Darstellung der möglichen Gefährdung von Verkehrsteilnehmern auf den Autobahnen A44n und A61 durch Eisabwurf/Eisabfall, Rotorblattbruch und Turmversagen von WEA des Typs Nordex N163/5.X am Windenergieanlagen-Standort der zweiten Erweiterung des Windparks Königshoven.
3. Erstellung der Kurzstellungnahme inkl. der Ergebnisübersicht zur Risikobeurteilung Eisabwurf/Eisabfall, Rotorblattbruch und Turmversagen für die Zweite Erweiterung des Windparks Königshoven.

Eine weitere Analyse des möglichen Schadensverlaufs durch Eisabwurf/Eisabfall, Rotorblattbruch und Turmversagen (z.B. Gebäudeschäden, Fahrzeugschäden, Ausbreitungsrechnungen für Gefahrstoffe, Schadensbeurteilung, Untersuchung weiterer

Schutzobjekte) erfolgt nicht im Rahmen dieser Risikobeurteilung. Die Risikobeurteilung erfolgt auf Grundlage der eingereichten Unterlagen. Es wird ausschließlich die Gefährdung von Verkehrsteilnehmern auf den Autobahnen A44n und A61 durch Eisabwurf/Eisabfall, Rotorblattbruch und Turmversagen durch die geplanten WEA beurteilt, sowie die landwirtschaftliche Nutzung der umliegenden Flächen und Wirtschaftswege berücksichtigt. Mögliche weitere Schutzobjekte in der Umgebung der geplanten WEA sowie die Beurteilung weiterer Gefährdungen sind nicht Bestandteil der vorliegenden gutachtlichen Stellungnahme. Für die WEA-Spezifikationen der geplanten WEA wurden die benannten Spezifikationen berücksichtigt (siehe Seite 2).

Die in dieser Stellungnahme verwendeten Randbedingungen und Rechnungen zum Eisabwurf und Eisabfall basieren auf den aktuellen internationalen Empfehlungen für Risikobeurteilungen von Eisabwurf und Eisabfall von WEA /21/.

2 Randbedingungen

2.1 Windenergieanlagen-Spezifikationen

Für die Berechnungen wurde die folgende WEA-Spezifikation berücksichtigt /1/:

- Nordex N163/5.X, Nabenhöhe (NH) 164,0m, Durchmesser (D) 163,0m.
- Drehzahlbereich für Eisabfall (Trudelbetrieb): 0 U/min – 2,5 U/min.
- Drehzahl: $11,8 \text{ U/min} \cdot 120\% = 14,16 \text{ U/min}$ (Überdrehzahl).

2.2 Automatische Eisabschaltung (Eisabwurf)

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens ist nachzuweisen, dass die öffentliche Sicherheit nicht durch die geplanten WEA beeinträchtigt wird. In der durch das Bundesland Nordrhein-Westfalen eingeführten Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen /13/ werden aufgrund einer Gefahr durch Eisabfall und Eisabwurf Mindestabstände definiert. Nach /13/ gelten Abstände größer als $1,5 \times (D + NH)$ im Allgemeinen in nicht besonders eisgefährdeten Regionen gemäß DIN 1055-5 /11/ als ausreichend. Auf dieser Basis sind technische Maßnahmen (Eiserkennungssystem) für die geplanten WEA mit einem Abstand kleiner als $1,5 \times (D + NH)$ zu den Autobahnen A44n und A61 erforderlich, welche einen Eisabwurf wirksam verhindern. Das Eiserkennungssystem sollte unabhängig geprüft sein und dem aktuellen Stand der Technik entsprechen.

Für den betrachteten Standort wird vorausgesetzt, dass alle WEA mit einem Abstand kleiner $1,5 \times (D + NH)$ zu den nahegelegenen Autobahnen A44n und A61 mit einem unabhängig geprüften System zur Eiserkennung ausgerüstet werden. Auf dieser Basis ist ein Wegschleudern des Eises von rotierenden Rotorblättern (Eisabwurf) für die benannten WEA nicht anzunehmen. Im Folgenden wird die darüber hinaus bestehende Gefährdung durch Eisabfall betrachtet.

2.3 Windenergieanlagen-Standorte

Die Lage der WEA des Typs Nordex N163/5.X ist dem Lageplan in Abbildung 1 zu entnehmen.

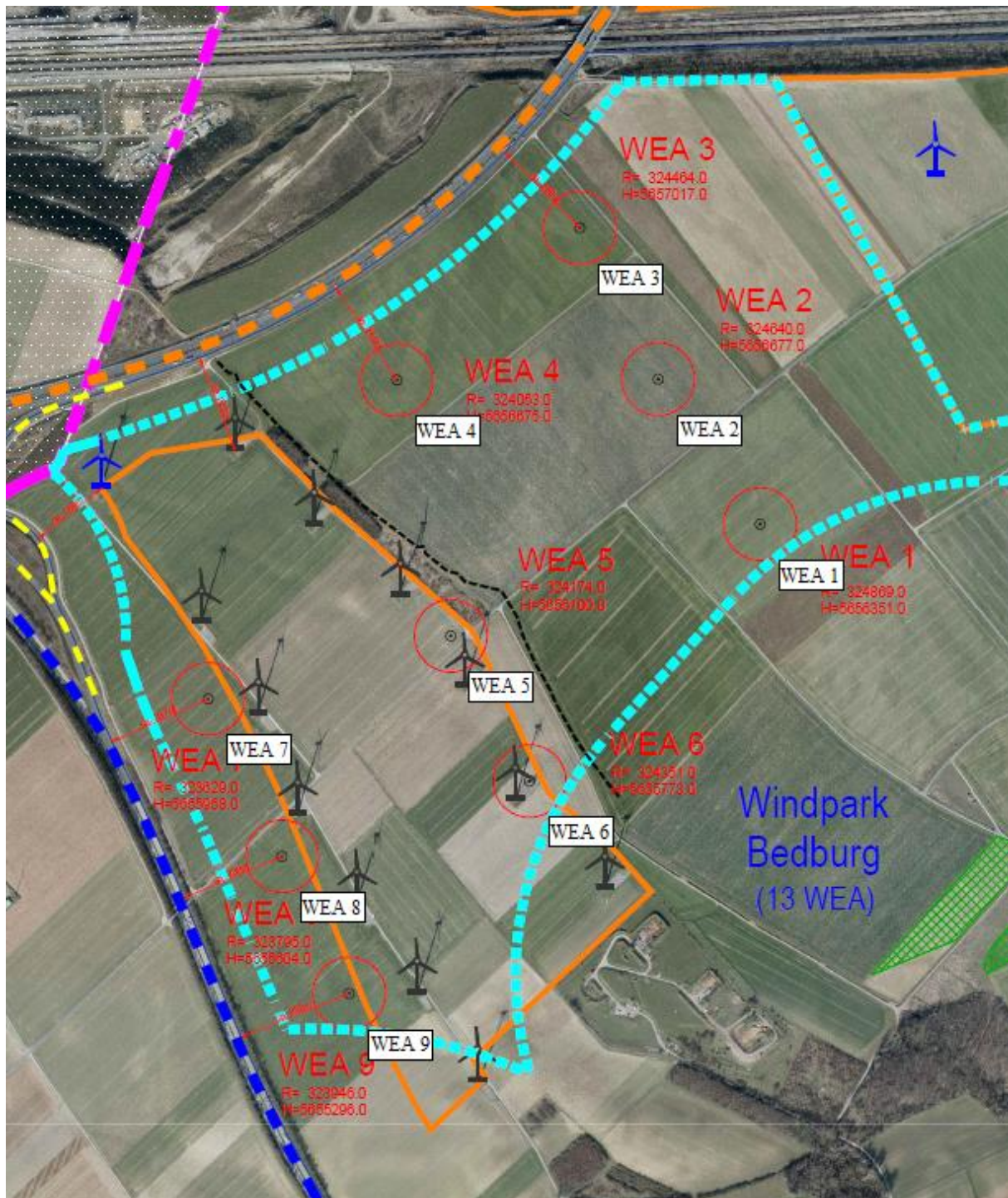


Abbildung 1: Lageplan /2/ (Rotorradius schwarz gestrichelt).

Das umliegende Gelände des geplanten WEA-Standortes (Zweite Erweiterung des Windparks Königshoven) ist durch landwirtschaftliche Nutzung geprägt. Im Norden verläuft die Autobahn A44n (siehe Abbildung 1, orange gestrichelte Linie). Der kürzeste Abstand der WEA 3 (WEA-Mittelpunkt) zur Autobahn A44n beträgt ca. 239 m /4/. Westlich verläuft die Autobahn A61 (siehe Abbildung 1, blau gestrichelte Linie). Der kürzeste Abstand der WEA 7 (WEA-Mittelpunkt) zur Autobahn A61 beträgt ca. 237 m /4/. Nördlich der Autobahn A44n befindet sich das Tagebaugebiet Garzweiler. Innerhalb der geplanten Fläche verlaufen mehrere Wirtschaftswege. Gemäß /4/ sind die Wirtschaftswege rein landwirtschaftlich genutzt und dienen der Erschließung der umliegenden Felder. Es ist von einer untergeordneten Freizeitnutzung im Winter auszugehen.

Für die Autobahn A44n wird eine durchschnittliche tägliche Verkehrsdichte von 76.000 Fahrzeugen pro Tag (Prognose 2030) berücksichtigt. Für die A61 werden 38.983 Fahrzeugen pro Tag berücksichtigt /4/. Für die A61 lagen keine Prognosedaten vor, daher wurden hier die veröffentlichten Daten der Verkehrszählung aus dem Jahre 2015 berücksichtigt.

Für den Standort Zweite Erweiterung des Windparks Königshoven ist gemäß den Eiskarten Europas /6/ und den Angaben zu den jährlichen Vereisungstagen des DWD /7/, /8/ sowie der Auswertung des Wlce Atlas für Deutschland durch das VTT Technical Research Centre /9/ im Mittel mit ca. sechs möglichen Vereisungstagen pro Jahr zu rechnen.

Für die Überhöhung der möglichen WEA-Standorte gegenüber den Autobahnen wurden mit /3/ Angaben aus dem Geoportal von Nordrhein-Westfalen übermittelt. Diese Angaben wurden mit Google-Earth abgeglichen. Da die Werte stark voneinander abweichen, wurde auf Basis der Ergebnisse aus Google-Earth für den ersten Ansatz konservativ eine Überhöhung der WEA 3 und WEA 4 von 30 m gegenüber der nördlichen verlaufenden Autobahn A44n berücksichtigt. Die weiteren geplanten WEA liegen auf einem vergleichbaren Höhenniveau gegenüber den berücksichtigten Schutzobjekten.

2.4 Windverhältnisse

Als Grundlage für die Berechnungen wurden die Windverhältnisse aus dem vorliegenden Windgutachten berücksichtigt /5/. Die relativen Häufigkeiten der Windrichtung und die Weibullverteilung auf Nabenhöhe wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt /5/ und werden als repräsentativ für den Standort vorausgesetzt.

3 Gefährdungsbereiche

Auf Basis der in Kapitel 2 benannten Randbedingungen für die betrachteten WEA wurden die möglichen Gefährdungsbereiche der untersuchten Gefährdungen für die gewählten WEA-Standorte ermittelt.

3.1 Eisabfall

Für die geplanten WEA wurden mit einer maximalen Windgeschwindigkeit von 22,3 m/s (99,9%-Quantil der Windgeschwindigkeitsverteilung auf Nabenhöhe /5/) auf Basis standardisierter Eisobjekte die maximalen Fallweiten ermittelt. Die Ergebnisse der ermittelten Gefährdungsradien durch Eisabfall sind in der folgenden Abbildung 2 dargestellt.

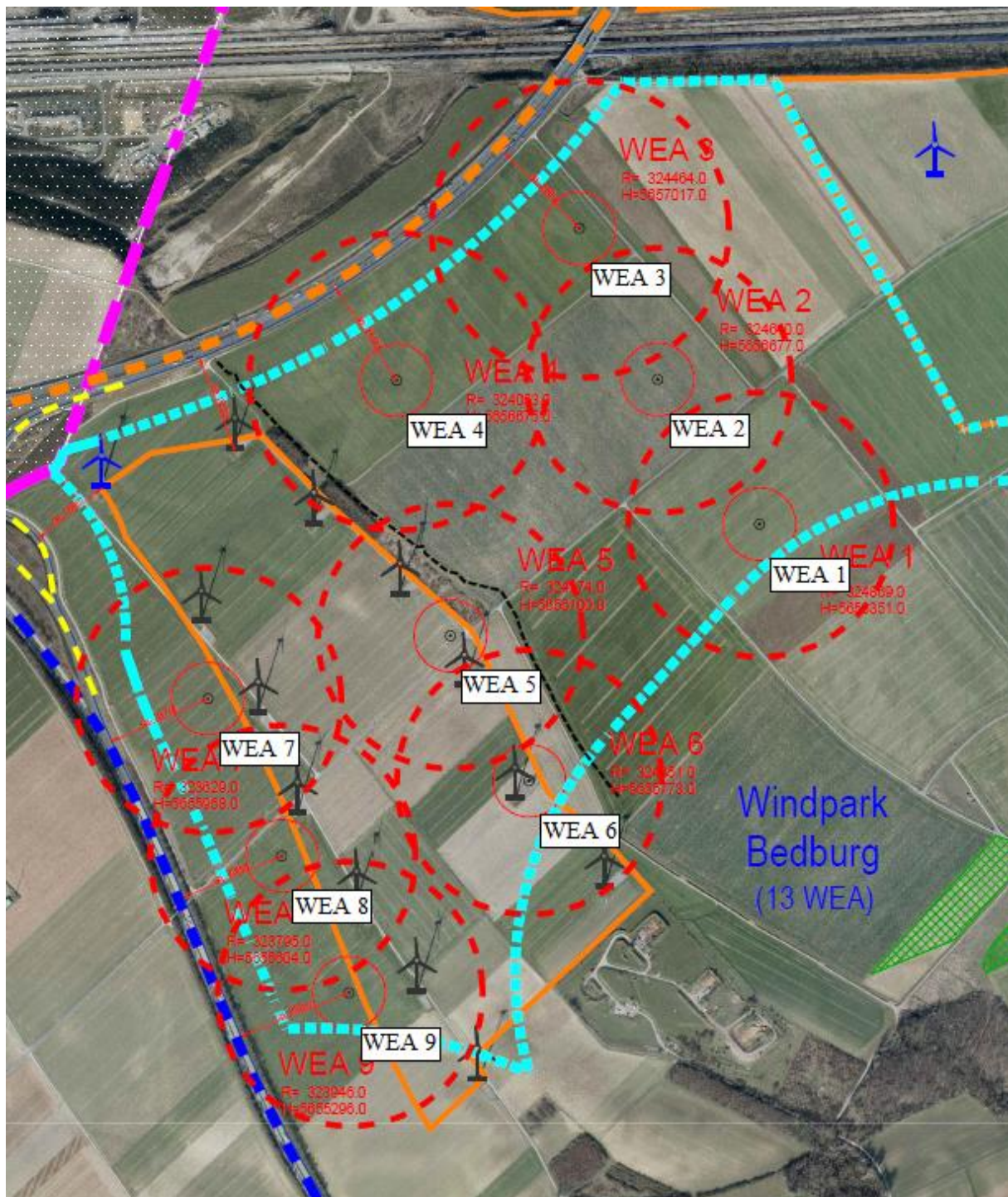


Abbildung 2: Gefährdungsradius Eisabfall – rot gestrichelt.

Im Rahmen einer weiteren Detailanalyse wurde der Eisabfall auf Basis der standort-spezifischen Windbedingungen und Gegebenheiten detaillierter simuliert. In Abbildung 3 sind die Auftreffpunkte von 100.000 verschiedenen Eisabfallereignissen für jeden WEA-Standort dargestellt. In Abbildung 4 sind die Größenordnungen der sich daraus

ergebenden Trefferhäufigkeiten pro m² und Eisabfall-Ereignis in der Umgebung der WEA durch farblich abgestufte Gefährdungsflächen dargestellt (Wahrscheinlichkeitszonen). Die Bedeutung der farblich abgestuften Gefährdungsbereiche sowie der möglichen Treffer durch Eisabfall pro Jahr und Quadratmeter sind in der Tabelle 1 beschrieben. Die Gefährdungsflächen markieren den Bereich, der potentiell durch Eisabfall gefährdet ist.

Zone	Farbe	Trefferhäufigkeiten [1/m ²]	Trefferhäufigkeiten pro Jahr [1/(a m ²)]
1	Rot	größer 1,0E-04	größer 1,2E-01
2	Orange	1,0E-05 bis 1,0E-04	1,2E-02 bis 1,2E-01
3	Gelb	1,0E-06 bis 1,0E-05	1,2E-03 bis 1,2E-02
4	Farblos	1,0E-07 bis 1,0E-06	1,2E-04 bis 1,2E-03
5*	Farblos	kleiner 1,0E-07	kleiner 1,2E-04

Tabelle 1: Wahrscheinlichkeitszonen und mittlere Trefferhäufigkeiten (Eisabfall), *alles außerhalb der Zone 4.

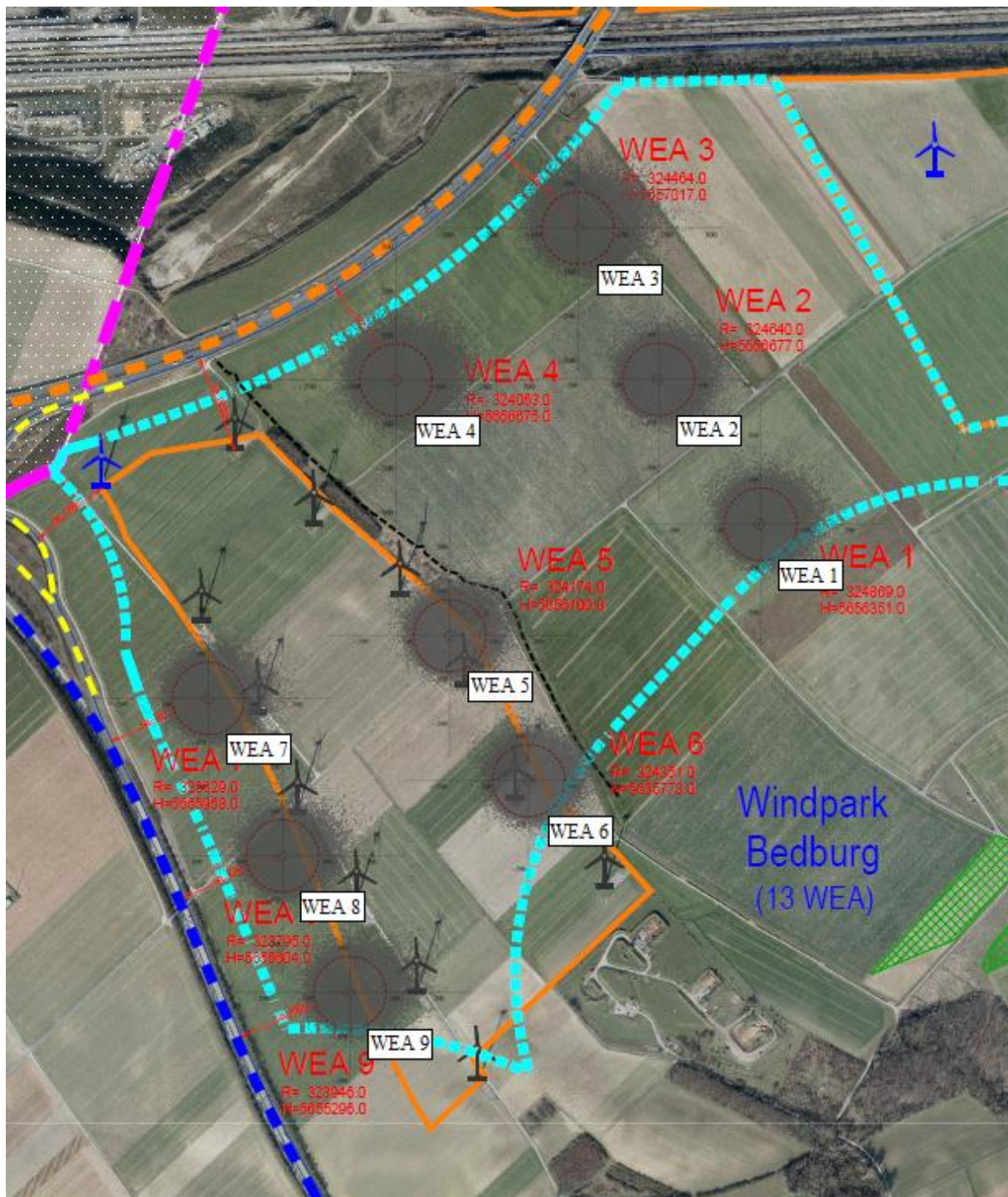


Abbildung 3: Auftreffpunkte bei Eisabfall. Rotorblattradius schwarz gestrichelt.

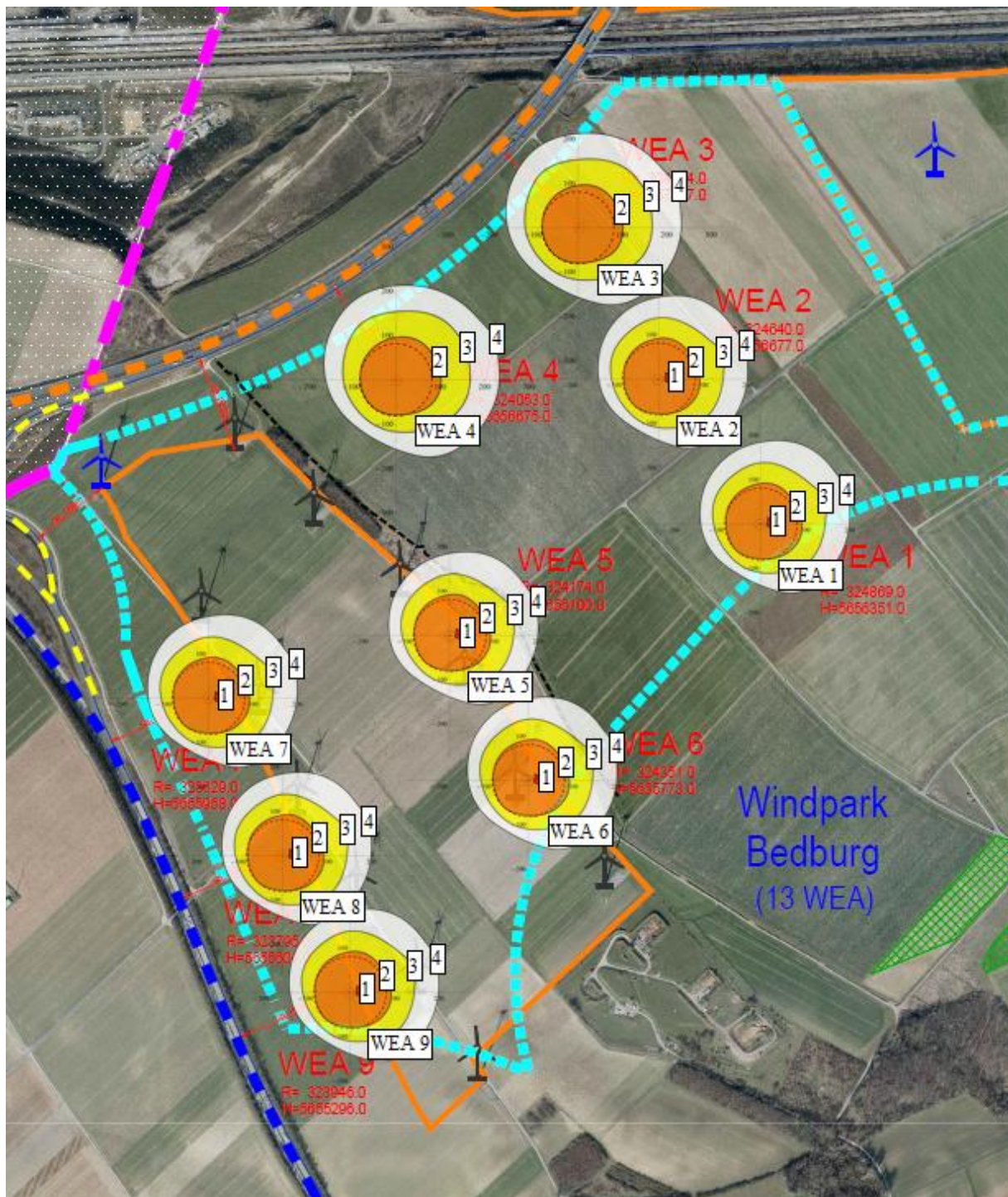


Abbildung 4: Gefährdungsflächen: Trefferhäufigkeiten [1/m²] pro Eisabfall. Rotorblattradius schwarz gestrichelt. Lageplan /2/.

3.2 Rotorblattbruch

In Abbildung 5 sind die Auftreffpunkte von 100.000 verschiedenen Rotorblattbruch-Ereignissen pro WEA dargestellt. In Abbildung 6 sind die Größenordnungen der Trefferhäufigkeiten pro m² und Rotorblattbruch-Ereignis in der Umgebung der WEA durch farblich abgestufte Gefährdungsflächen dargestellt (Wahrscheinlichkeitszonen). Die Bedeutung der farblich abgestuften Gefährdungsbereiche sowie der möglichen Treffer durch Rotorblattbruch pro Jahr und m² sind in der Tabelle 2 beschrieben.

Zone	Farbe	Trefferhäufigkeiten [1/m ²]	Trefferhäufigkeiten [1/(a m ²)]
1	Rot	größer 1,0E-05	größer 1,0E-08
2	Orange	1,0E-06 bis 1,0E-05	1,0E-09 bis 1,0E-08
3	Gelb	1,0E-07 bis 1,0E-06	1,0E-10 bis 1,0E-09
4	Farblos	1,0E-08 bis 1,0E-07	1,0E-11 bis 1,0E-10
5*	Farblos	kleiner 1,0E-08	kleiner 1,0E-11

Tabelle 2: Wahrscheinlichkeitszonen und mittlere Trefferhäufigkeiten (Rotorblattbruch).

*alles außerhalb der Zone 4.

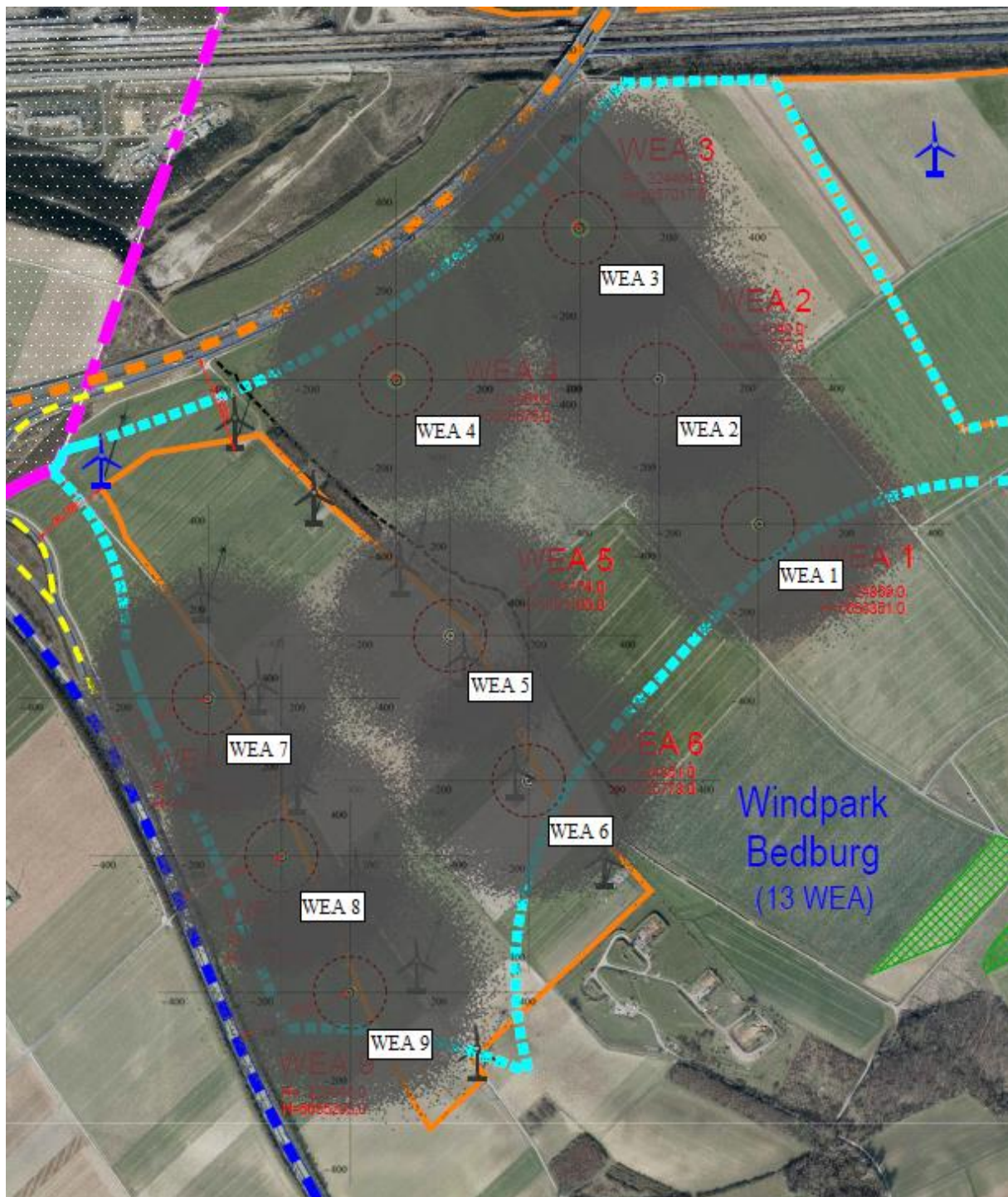


Abbildung 5: Auftreffpunkte bei Rotorblattbruch. Rotorblattradius schwarz gestrichelt.

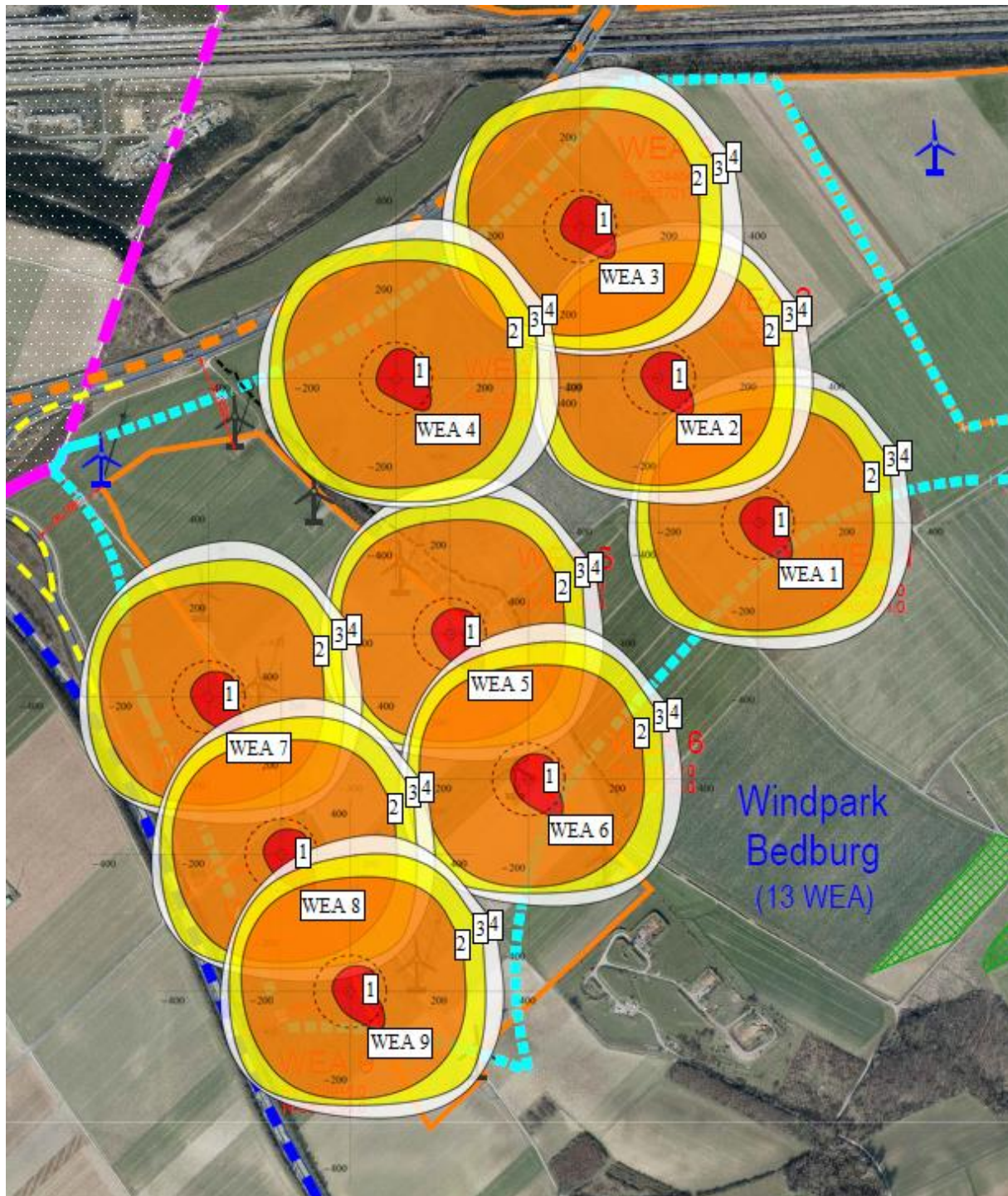


Abbildung 6: Gefährdungsflächen: Trefferhäufigkeiten [$1/m^2$] pro Rotorblattbruch. Rotorblattradius schwarz gestrichelt.

3.3 Turmversagen

Der Gefährdungsbereich bei Turm- oder Fundamentversagen ergibt sich in Abhängigkeit von der Bruchstelle. Bei einem Bruch direkt über dem Fundament oder bei Fundamentversagen ergibt sich der Gefährdungsbereich annähernd aus der Gesamthöhe der WEA. In Abbildung 7 sind die maximalen Gefährdungsradien bei Turmversagen (innen – Gondel, außen – Gesamthöhe) sowie die daraus resultierenden Gefährdungsbereiche (hellrot) zu erkennen zu erkennen.

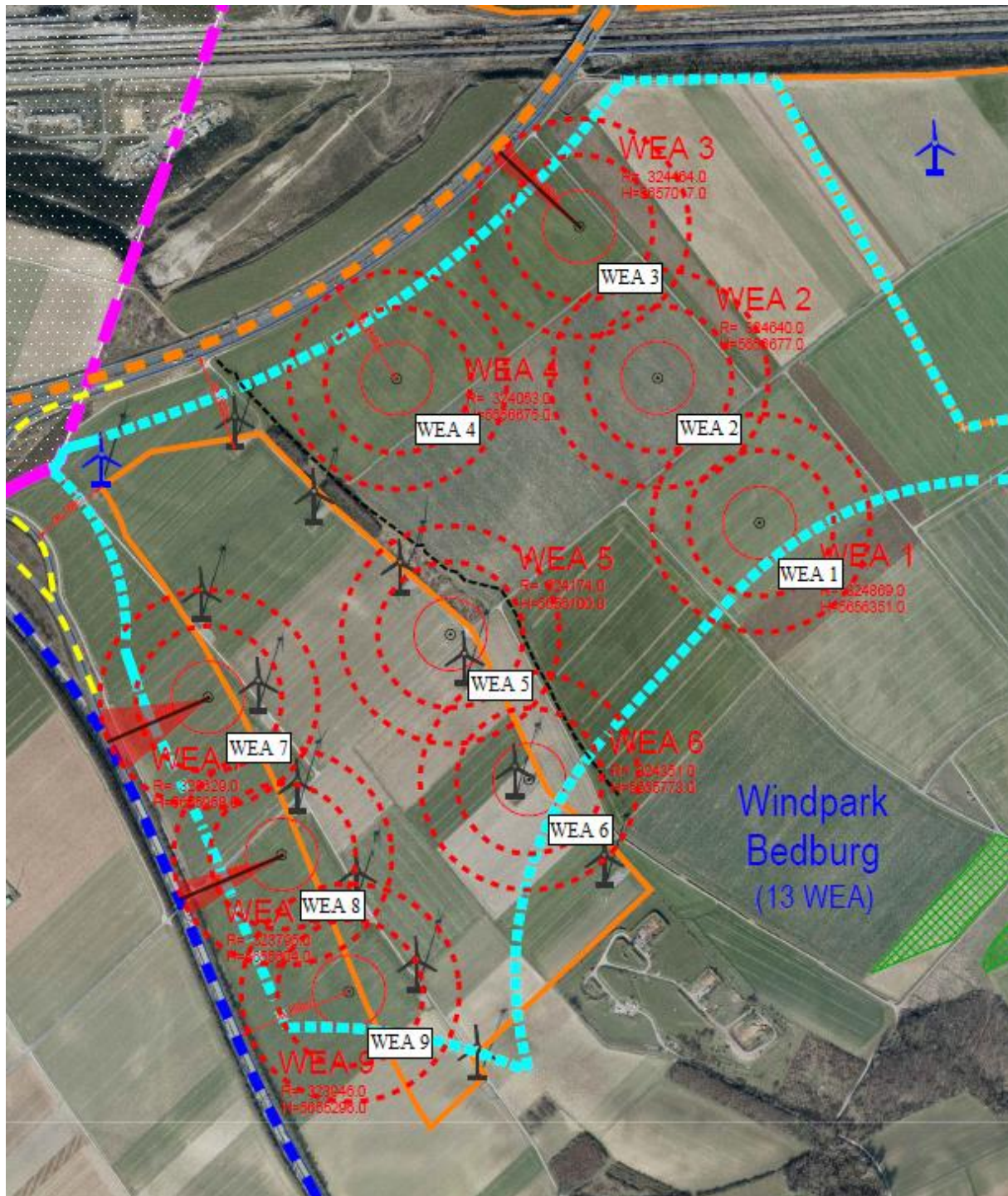


Abbildung 7: Gefährdungsbereiche (hellrot) bei Turmversagen (schwarzer Balken). Gefährdungsradien (rot gestrichelt) bei Turmversagen: innen – Gondel, außen – Gesamthöhe.

4 Modell- und Datenunsicherheiten

Um den Aufwand der Analyse zu begrenzen, wurden vereinfachte Annahmen und Randbedingungen getroffen. Sämtliche Vereinfachungen sind dabei stets konservativ gewählt worden.

Generell können Modellrechnungen die Realität nur annähernd erfassen und sind daher nur als Hilfsmittel zur Entscheidungsfindung zu verwenden. Die ermittelten Ergebnisse gelten nur unter den genannten Randbedingungen. Es ist davon auszugehen, dass eine Abgrenzung der Gefährdungsbereiche im Ereignisfall in der Realität nicht so scharf ist, wie in den Ergebnissen dargestellt. Insofern sind die dargestellten Ergebnisse als ungefähre Darstellung zu verstehen und dienen der Orientierung.

5 Risikobewertung Ergebnisse

Die geplante Konzentrationszone für WEA am Standort der zweiten Erweiterung des Windparks Königshoven liegt in unmittelbarer Nähe zu den Autobahnen A44n und A61. Innerhalb des geplanten Windparks verlaufen einige Wirtschaftswege.

Im Rahmen der vorliegenden Risikobeurteilung galt es zu prüfen und zu bewerten, ob eine besondere Gefährdung von Verkehrsteilnehmern auf der den Autobahnen A44n und A61 durch Eisabwurf/Eisabfall, Rotorblattbruch oder Turmversagen von den geplanten WEA vorliegt. Da der WEA-Typ und die WEA-Standorte noch nicht feststehen, wurde ein mögliches Parklayout betrachtet und als WEA-Typ ein aktuell möglichst abdeckender WEA-Typ berücksichtigt.

Zusammenfassend wurden die folgenden Ergebnisse und daraus resultierenden Empfehlungen ermittelt:

Für die Verhinderung von Eisabwurf sind die geltenden Grundlagen im Kapitel 2.2 hergeleitet worden. Auf dieser Basis sind technische Maßnahmen (Eiserkennungssystem) für die geplanten WEA mit einem Abstand kleiner als $1,5 \times (D + NH)$ zu den Autobahnen A44n und A61 erforderlich, welche einen möglichen Eisabwurf wirksam verhindern. Das Eiserkennungssystem sollte unabhängig geprüft sein und dem aktuellen Stand der Technik entsprechen.

Die Ergebnisse der Betrachtung des Eisabfalls (siehe Kapitel 3.1) zeigen, dass die Autobahnen A44n und A61 außerhalb der durch Eisabfall gefährdeten Bereiche liegen. Eine direkte Gefährdung von Verkehrsteilnehmern auf den Autobahnen A44n und A61 durch Eisabfall ist auf Basis der Ergebnisse aus Kapitel 3.1 nicht anzunehmen. Darüber hinaus liegen Teile der landwirtschaftlichen Flächen und Wege innerhalb der Gefährdungsbereiche durch Eisabfall, Rotorblattbruch und Turmversagen. Die Ergebnisse zum Rotorblattbruch und Turmversagen (siehe Kapitel 3.2 und 3.3) zeigen, dass die Autobahnen A44n und A61 teilweise von den Gefährdungsbereichen der untersuchten WEA überdeckt werden.

Für die landwirtschaftliche Nutzung der umliegenden Flächen und Wirtschaftswege (untergeordnete Freizeitnutzung im Winter /4/) ist eine Gefährdung durch Eisabfall nicht anzunehmen, da die Wintermonate außerhalb der üblichen Wirtschaftsperiode liegen und im Winter mit weniger landwirtschaftlichem Verkehr zu rechnen ist. Sollten dennoch Arbeiten außerhalb der üblichen Wirtschaftsperiode im Winter durchgeführt werden, so werden diese normalerweise in überdachten Maschinen ausgeführt, welche einen Schutz gegen möglichen Eisabfall bieten. Die Fahrer landwirtschaftlicher Maschinen sind in ihrem Führerhaus gegen mögliche herabfallende Eisobjekte geschützt. Sie haben über sich ein festes Dach und vor sich eine senkrechte Scheibe. Ein von oben herabstürzendes Eisobjekt könnte demnach auf das Dach fallen. TÜV NORD sind bisher keine Berichte bekannt, wonach ein herabfallendes Eisobjekt ein festes Fahrzeugdach durchschlagen hat.

Für die landwirtschaftliche Nutzung der umliegenden Flächen und Wirtschaftswege (inkl. Zufahrten der geplanten WEA) ist eine Gefährdung durch Rotorblattbruch und Turmversagen nicht anzunehmen, da die flächenbezogene Nutzungshäufigkeit durch Personen als gering anzusehen ist.

Im Rahmen der Beurteilung der Gefährdung von Verkehrsteilnehmern im öffentlichen Straßenverkehr werden die Gefährdung der einzelnen Verkehrsteilnehmer und die Gefährdung des Straßenverkehrs der betroffenen Verkehrsabschnitte berücksichtigt. Für die Bewertung einzelner Verkehrsteilnehmer werden Bewertungsmaßstäbe für das Individualrisiko herangezogen /21/. Zur Beurteilung der Gesamtsituation ist neben der Bewertung des Individualrisikos auch die Betrachtung der Gefährdung des Straßenverkehrs (Kollektivrisiko) nötig. Diese wird auf Basis der Verkehrsdichte am Standort und den aktuellen Verkehrsunfallzahlen /17/ beurteilt. Für die betroffenen Autobahnen wurden die entsprechenden Risiken ermittelt und sind in der Tabelle 3 dargestellt.

WEA	Schutzobjekt	Individualrisiko [Treffer/a]		Gefährdung des Straßenverkehrs [Treffer/(m*a)]	
		Rotor	Turm	Rotor	Turm
3	A44n	2,7E-11	1,5E-12	3,4E-09	1,6E-09
4	A44n	2,7E-11	-	3,3E-09	-
Summe:		5,4E-11	1,5E-12	6,7E-09	1,6E-09
7	A61	1,4E-11	2,3E-11	1,1E-09	5,0E-09
8	A61	9,5E-12	4,2E-12	8,1E-10	1,6E-09
9	A61	2,8E-12	-	3,0E-10	-
Summe:		2,6E-11	2,7E-11	2,2E-09	6,6E-09

Tabelle 3: Ermittelten Individual- und Kollektivrisiken.

Schutzobjekt	Individualrisiko [Treffer/a]	Gefährdung des Straßenverkehrs [Treffer/(m*a)]	Risikobewertung
A44n	5,6E-11	8,3E-09	Ermittelte Risiken unterhalb des Risi- kogrenzwertbereichs
A61	5,4E-11	8,8E-09	Ermittelte Risiken unterhalb des Risi- kogrenzwertbereichs

Tabelle 4: Ergebnis: Summe der ermittelten Individual- und Kollektivrisiken.

In der Tabelle 4 wurden die ermittelten Ergebnisse für die Gefährdung von Verkehrsteilnehmern auf den untersuchten Straßenabschnitten der Autobahnen A44n und A61 mit den heranzuziehenden Risikogrenzwertbereichen verglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass die ermittelten Risiken für den Straßenverkehr auf den Autobahnen A44n und A61 unterhalb der anzusetzenden Risikogrenzwertbereiche liegen.

Unter Berücksichtigung der genannten Empfehlungen zum Eiserkennungssystems und der Nähe zu den Autobahnen empfiehlt TÜV NORD die folgenden Maßnahmen zur Risikominderung:

- Die Funktionsfähigkeit der Eiserkennungssysteme der WEA mit einem Abstand kleiner als $1,5 \times (D + NH)$ zu den nahegelegenen Autobahnen A44n und A61 sollte im Rahmen der Inbetriebnahme /12/, /14/ durch einen unabhängigen Sachverständigen /18/ geprüft und dokumentiert werden. Betriebsbegleitend ist die Funktionalität dieser Eiserkennungssysteme im Rahmen der vorgesehenen Prüfungen des Sicherheitssystems und der sicherheitstechnisch relevanten Komponenten der WEA /12/, /14/ durch einen unabhängigen Sachverständigen /18/ regelmäßig aufzuzeigen. Für die Inbetriebnahme des Eiserkennungssystems sollte die Anlernphase des Eiserkennungssystems berücksichtigt werden. Ist die Anlernphase nicht vor den winterlichen Vereisungsereignissen abgeschlossen, so sind geeignete Maßnahmen zur Vermeidung eines Eisabwurfs vorzusehen.
- Durch Hinweisschilder (mind. im Abstand der 1,3-fachen Gesamthöhe der WEA) ist an den Zufahrtswegen der WEA und den umliegenden Wirtschaftswegen auf die Gefährdung durch Eisabfall aufmerksam zu machen. Die Schilder sind so aufzustellen, dass sie von möglichen Benutzern der Wirtschaftswegen frühzeitig erkannt werden. Hierbei können die Schilder durch ein eindeutiges Piktogramm ergänzt werden, welches auf die Gefährdung durch Eisabfall hinweist.

Unter Berücksichtigung der Tatsache,

- dass die Risikobeurteilung konservativ durchgeführt wurde,
- dass in der Realität nicht jeder Treffer zu einem lebensbedrohlichen Unfall führen wird (dies betrifft die Geschwindigkeit und das Gewicht der Eisobjekte, die Trefferfläche sowie die Geschwindigkeit eines Fahrzeugs zum Zeitpunkt des Treffers des Eisobjekts),
- dass sich die abgeschalteten, vereisten WEA prinzipiell nicht von anderen Bauwerken mit Eisansatz unterscheiden,
- dass die öffentlich zugänglichen Wege (Wirtschaftswege) in unmittelbarer Nähe der WEA gemäß /4/ hauptsächlich landwirtschaftlich genutzt werden (untergeordnete Freizeitnutzung) und im Winter, außerhalb der Wirtschaftsperiode, von einer eher geringen Frequentierung ausgegangen werden kann,
- dass davon auszugehen ist, dass der landwirtschaftliche Verkehr überwiegend mit geschützten Maschinen oder Fahrzeugen erfolgt (landwirtschaftlicher Verkehr ist im Winter außerhalb der Wirtschaftsperiode als eher gering anzusehen),
- dass Warnhinweise zur Warnung vor akuter Eisabfallgefahr an allen möglichen Zugängen zum Windpark aufgestellt werden sollen und hierüber die Möglichkeit zur Gefahrenvermeidung gegeben ist,

ist das nach Umsetzung obiger Maßnahmen zur Eiserkennung bzw. Abschaltung bei Eisansatz und Risikominderung verbleibende Restrisiko für Verkehrsteilnehmer auf den Autobahnen A44n und A61 sowie den umliegenden Wirtschaftswegen als akzeptabel zu betrachten.

Unter Berücksichtigung

- der mit der Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen /13/ eingeführten technischen Regeln Anlage A 1.2.8/6: „Gefahr des Eisabfalls und Eisabwurfs bei Unterschreitung eines Abstands von $1,5 \times (\text{Rotordurchmesser} + \text{Nabenhöhe})$ “

sowie in Anlehnung an

- das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) /15/ §5 Abs. 1 Nr. 1: „Vermeidung sonstiger Gefahren“

ist eine signifikante Gefährdung von Verkehrsteilnehmern auf den Autobahnen A44n und A61 sowie den umliegenden Wirtschaftswegen durch die Errichtung der geplanten WEA am Standort der zweiten Erweiterung des Windparks Königshoven durch Eisabwurf/Eisabfall, Rotorblattbruch und Turmversagen nach Umsetzung der genannten Maßnahmen zur Risikominderung für das betrachtete Layout nicht anzunehmen.

Generelle Maßnahmen zur Reduzierung des Restrisikos durch Rotorblattbruch und Turmversagen

Aufgrund der möglichen Schadensschwere durch Rotorblattbruch und Turmversagen empfiehlt TÜV NORD auf die folgenden im Betrieb üblichen Maßnahmen zum Umgang mit dem verbleibenden Restrisiko besonders zu achten:

- Grundsätzlich empfiehlt TÜV NORD vor Montage der Rotorblätter eine Prüfung, Schadstellenbewertung und -dokumentation durch einen unabhängigen Sachverständigen /18/ an den Rotorblättern vorzunehmen. Die Rotorblätter sollten zudem zum Abschluss der Inbetriebnahme /12/, /14/ durch einen unabhängigen Sachverständigen /18/ geprüft werden.
- Regelmäßige Wiederkehrende Prüfung (WKP) des Sicherheitssystems und des Bremssystems gemäß /12/, /14/ sowie den Grundsätzen des Bundesverband Windenergie (BWE) /19/, /20/ durch einen unabhängigen Sachverständigen /18/.
- Regelmäßige WKP der Rotorblätter und der Standsicherheit des Turms (mind. Sichtprüfung) gemäß /12/, /14/ sowie den Grundsätzen des BWE /19/, /20/ durch einen unabhängigen Sachverständigen /18/. Im Rahmen der Prüfung der Standsicherheit sind unter anderem der Übergang zwischen Fundament und Turmfuß, das Fundament auf Setzung und die Vorspannkräfte der Schraubverbindung zwischen dem Fundament und dem unteren Turmsegment zu prüfen. Zusätzlich sollten die vorgegebenen Austauschzyklen sicherheitsrelevanter Komponenten beachtet werden. Hierbei sind unter anderem die vorgegebenen Gewährleistungen z.B. der Schraubgarnituren zu beachten.

6 Literatur- und Quellenangaben

- /1/ Angaben zu den WEA-Spezifikationen des gewählten Beispiel WEA-Typs. Übermittelt durch BMR energy solutions GmbH mit Emails vom 11.03.2022 und 16.03.2022.
- /2/ BMR energy solutions GmbH. Lageplan: 22_03_11_W290R_Bedburg3_PR-W305R_A3.pdf. Übermittelt durch BMR energy solutions GmbH mit E-Mail vom 11.03.2022.
- /3/ BMR energy solutions GmbH. Angaben der Topografie des Standortes: <https://www.geoportal.nrw/>. Übermittelt durch BMR energy solutions GmbH mit E-Mail vom 16.03.2022.
- /4/ BMR energy solutions GmbH. Beschreibung der Schutzobjekte und Angaben zu den Nutzungshäufigkeiten am Standort. Übermittelt durch BMR energy solutions GmbH mit E-Mails vom 11.03.2022, 16.03.2022 und 06.04.2022.
- /5/ BMR energy solutions GmbH. Angaben zu den meteorologischen Daten: Ergebnisübersicht der Windbedingungen. Übermittelt durch BMR energy solutions GmbH mit E-Mail vom 09.03.2022.
- /6/ Tammelin, B. et al. Wind Energy in Cold Climate, Final Report WECO (JOR3-CT95-0014), ISBN 951-679-518-6. Finnish Meteorological Institute. Helsinki, Finland. 2000.
- /7/ Deutscher Wetterdienst. Freie Klimadaten, Eistage Deutschland 1981-2010 (Rasterdaten). www.dwd.de Februar 2014.
- /8/ Wichura, B. (DWD). The Spatial Distribution of Icing in Germany Estimated by the Analysis of Weather Station Data and of Direct Measurements of Icings, IWAIS 2013.
- /9/ VTT Technical Research Centre of Finland. Icing map of Germany, 2016.
- /10/ Morgan, C. et al. Wind Turbine Icing and Public Safety - A Quantifiable Risk? Wind Energy Production in Cold Climates. Bristol. 1996.
- /11/ DIN 1055-5. Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 5: Schnee- und Eislasten. Berlin. Juli 2005.
- /12/ DIBt. Richtlinie für Windenergieanlagen – Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung. Berlin. Fassung Oktober 2012.
- /13/ Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung des Landes Nordrhein-Westfalen. Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen NRW (VV TB NRW). Ausgabe 2021.
- /14/ Germanischer Lloyd. Vorschriften und Richtlinien. IV Industriedienste. Richtlinie für die Zertifizierung von Windenergieanlagen. Hamburg. Ausgabe 2010.
- /15/ BImSchG 2020. Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge. Deutschland. Fassung vom 03.12.2020.

- /16/ Jarass, H. D. 2012. Bundes-Immissionsschutzgesetz: BImSchG, Kommentar-
unter Berücksichtigung der Bundes-Immissionsschutzverordnungen, der TA
Luft sowie der TA Lärm. Verlag C.H. Beck, München, 2012.
- /17/ D STATIS. Verkehr, Verkehrsunfälle, Zeitreihen. Statistisches Bundesamt.
2021.
- /18/ Bundesverband WindEnergie e.V. Anforderungen an den Sachverständigen für
Windenergieanlagen. Berlin. 21.09.2007.
- /19/ Bundesverband WindEnergie e.V. Grundsätze für die Wiederkehrende Prüfung
von Windenergieanlagen. Berlin 2012.
- /20/ Bundesverband WindEnergie e.V. Grundsätze für die die Prüfung zur zustands-
orientierten Instandhaltung von Windenergieanlagen. Osnabrück. 21.09.2007.
- /21/ IEA Wind TCP Task 19. International Recommendations for Ice Fall and Ice
Throw Risk Assessments. Revision 0, Oktober 2018.