

GUTACHTLICHE STELLUNGNAHME

**zur Risikobeurteilung Eisabwurf/Eisabfall am Windenergieanlagen-
Standort Arneburg Ost R**



TÜV NORD Referenznr.: 2024-RVRB-127-004-R0

Datum: 10.07.2024

Gegenstand der Prüfung	Gutachtliche Stellungnahme zur Risikobeurteilung Eisabwurf/Eisabfall am Windenergieanlagen-Standort Arneburg Ost R
Kunde	JUWI GmbH Energie-Allee 1 55286 Wörrstadt

Die Ausarbeitung der gutachtlichen Stellungnahme erfolgte durch:

Verfasser	B.Sc. H. Ben Salah Sachverständiger	Hamburg, 10.07.2024
Geprüft durch	M.Sc. N. Cromm Sachverständiger	Hamburg, 10.07.2024

WEA-Typ	P_{Nenn} [MW]	D [m]	NH [m]
Vestas V162	7,2	162,0	169,0

Herausgeber

TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG
Große Bahnstraße 31•22525 Hamburg
Geschäftsführung: Silvio Konrad, Dr. Hans Koopman
Amtsgericht Hamburg • HRA 100227
USt.-IdNr.: DE 813992777 • Steuer-Nr.: 27/628/00023

Für weitere Auskünfte

B.Sc. H. Ben Salah
Telefon: +49 40 8557-1313
E-Mail: hbensalah@tuev-nord.de

Urheberrechtshinweis

Dieser Bericht wird ausschließlich dem oben genannten Antragsteller bzw. Kunden zur Verfügung gestellt. Die Veröffentlichung oder Verbreitung dieses Berichts ist nur durch vorherige schriftliche Freigabe der TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG oder des oben genannten Antragstellers oder Kunden gestattet. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder Verbreitung ist im Allgemeinen nicht gestattet.

Änderungshistorie

Rev.	Datum	Änderung
0	10.07.2024	Erste Ausgabe

Eingereichte Unterlagen:

- WEA-Spezifikationen: Nennleistung, Rotordurchmesser und Nabenhöhe /1/.
- Lageplan mit Darstellung der WEA und der Schutzobjekte /2/.
- Weibull-Parameter A und k sowie die Windrichtungsverteilung auf Nabenhöhe /3/.
- Beschreibung der Schutzobjekte und des WEA-Standorts sowie Angaben zu den Nutzungshäufigkeiten am Standort /4/.
- Angaben und Nachweise zu dem Eiserkennungssystem der WEA /5/, /6/, /7/, /8/.

Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabenstellung 5

2 Angaben zum Windenergieanlagen-Standort 6

3 Risikoanalyse..... 6

 3.1 *Eisabwurf und Eisabfall* 6

 3.1.1 Vereisungspotential..... 7

 3.1.2 Automatische Eisabschaltung (Eisabwurf)..... 7

 3.1.3 Randbedingungen für die Untersuchung des Eisabfalls 8

 3.1.4 Gefährdungsradius..... 9

4 Modell- und Datenunsicherheiten..... 11

5 Zusammenfassung und Risikobewertung 12

 5.1 *Eisabwurf* 12

 5.2 *Eisabfall* 12

 5.2.1 Empfohlene risikoreduzierende Maßnahmen 12

 5.3 *Abschließende Risikobewertung* 13

6 Rechtsbelehrung 14

7 Formelzeichen und Abkürzungen..... 15

8 Literatur- und Quellenangaben 16

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lageplan /2/.....6

Abbildung 2: Fallweiten bei 21,3 m/s Windgeschwindigkeit. 10

Abbildung 3: Gefährdungsradius – rot gestrichelt (v = 21,3 m/s). 11

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Idealisierte Eisobjekte.....9

Tabelle 2: Ermittelte maximale Fallweiten.9

1 Aufgabenstellung

Am Standort Arneburg Ost R in Sachsen-Anhalt plant die JUWI GmbH die Errichtung von einer Windenergieanlage (WEA) des Typs Vestas V162 mit 169,0 m Nabhöhe (NH) und 162,0 m Rotordurchmesser (D). In der Nähe der geplanten WEA verläuft die Kreisstraße K1036.

Gemäß Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) /23/ § 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 sind im Sinne des BImSchG als „sonstige Gefahr“ zu betrachten (siehe auch /24/), der Einfluss auf das Schutzniveau der Umwelt ist für den jeweiligen Standort zu bewerten (standortbezogene Risikobeurteilung).

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens ist nachzuweisen, dass die öffentliche Sicherheit nicht durch die geplanten WEA beeinträchtigt wird. In der durch das Bundesland Sachsen-Anhalt eingeführten Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen /25/ werden aufgrund einer Gefahr durch Eisabfall und Eisabwurf Mindestabstände definiert. Nach /25/ gelten Abstände größer als $1,5 \times (D + NH)$ im Allgemeinen in nicht besonders eisgefährdeten Regionen als ausreichend. Soweit diese Abstände nicht eingehalten werden, ist eine gutachtliche Stellungnahme einer Sachverständigen oder eines Sachverständigen erforderlich.

Die TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG (TÜV NORD) ist von der JUWI GmbH mit Schreiben vom 11.03.2024 mit der Erstellung einer Risikobeurteilung Eisabwurf/Eisabfall beauftragt worden. Die folgende Vorgehensweise ist Gegenstand der Beauftragung:

Erstellung einer gutachtlichen Stellungnahme zur möglichen Gefährdung von Verkehrsteilnehmer:innen auf der nahegelegenen Kreisstraße 1036 durch Eisabwurf/Eisabfall der geplanten WEA 10. Die Stellungnahme beinhaltet die folgenden Arbeitsschritte:

1. Darstellung des geplanten Projekts mit Angaben zu den Eigenschaften der geplanten WEA und dem Standort.
2. Ermittlung und Darstellung von Kenngrößen zur Risikobewertung.
3. Qualitative Prüfung des Konzepts der Eiserkennung der WEA des Typs Vestas V162.
4. Darstellung des Vorgehens der Risikoanalyse.
5. Darstellung der möglichen Gefährdung durch herabfallende Eisobjekte bei der WEA des Typs Vestas V162 am WEA-Standort Arneburg Ost R in Abhängigkeit der Ergebnisse der Risikobewertung. Dies umfasst eine Einordnung der Ergebnisse sowie die Nennung umgesetzter und/oder möglicher weiterer Maßnahmen zur Risikominderung.

Eine weitere Analyse des möglichen Schadensverlaufs durch Eisabwurf/Eisabfall (z. B. Ausbreitungsrechnungen für Gefahrstoffe, Schadensbeurteilung) erfolgt nicht im Rahmen dieser gutachtlichen Stellungnahme. Die Risikobeurteilung erfolgt auf Grundlage der eingereichten Unterlagen. Es wird ausschließlich die Gefährdung von Verkehrsteilnehmer:innen auf der Kreisstraße 1036 durch Eisabwurf/Eisabfall durch die neu geplante WEA beurteilt. Zusätzlich wird 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 orientieren sich an den aktuellen internationalen Empfehlungen für Risikobeurteilungen /26/, /27/.

2 Angaben zum Windenergieanlagen-Standort

Die Lage der geplanten WEA des Typs Vestas V162 ist dem Lageplan in Abbildung 1 zu entnehmen. Es wird ausschließlich die Gefährdung durch Eisabfall durch die geplante WEA 10 betrachtet. Die Gefährdung der eingetragenen WEA 01 und WEA 02 für Verkehrsteilnehmer:innen durch Eisabwurf/Eisabfall wurde in einer weiteren gutachtlichen Stellungnahme /28/ (Risikobeurteilung Eisabwurf/Eisabfall am WEA Standort Arneburg-Sanne, Referenz-Nr. 2024-WND-RB-389-R0) betrachtet.

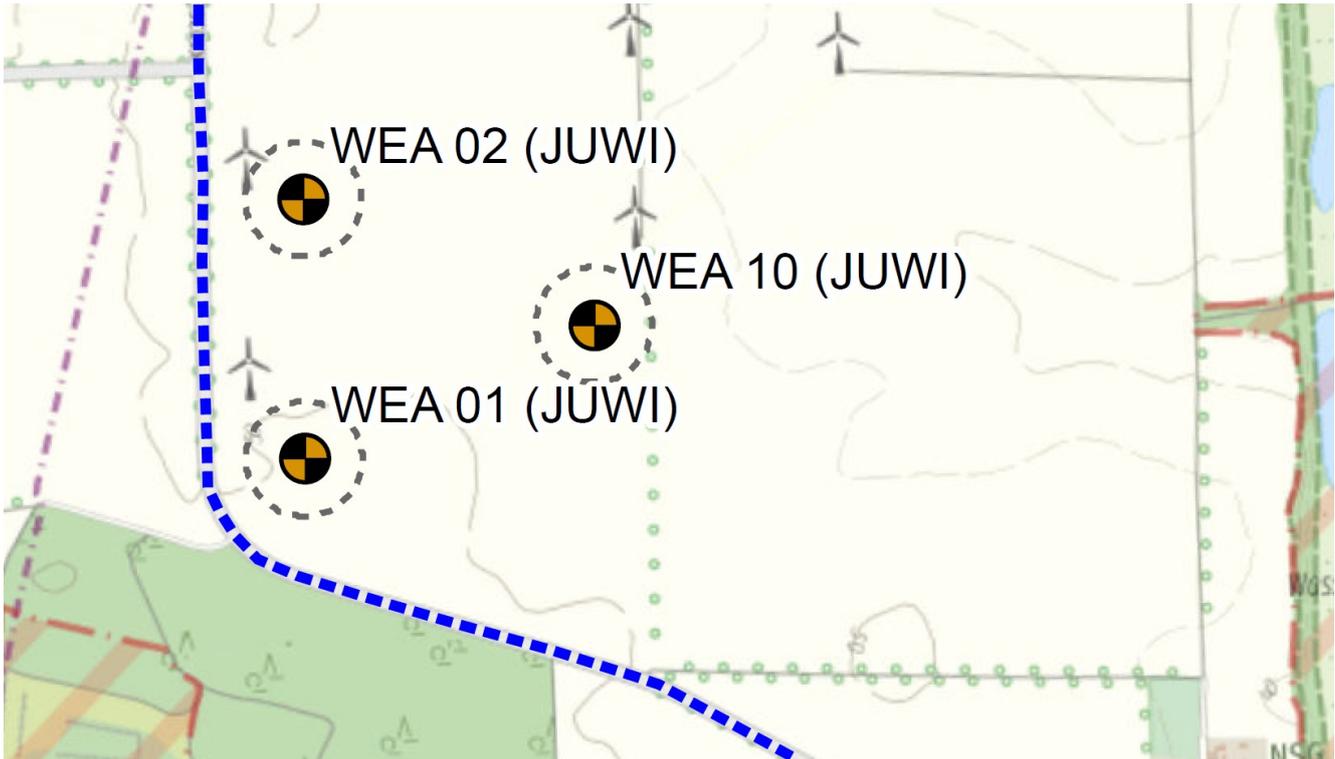


Abbildung 1: Lageplan /2/.

Das umliegende Gelände der geplanten WEA am Standort Arneburg Ost R ist durch landwirtschaftliche Nutzung geprägt. Südwestlich der geplanten WEA 10 verläuft die Kreisstraße 1036 (siehe Abbildung 1, blau gestrichelte Linie). Der kürzeste Abstand der WEA 10 (WEA-Mittelpunkt) zur Kreisstraße 1036 beträgt ca. 492 m.

Die Angaben zum Standort wurden dem Lageplan /2/ und der Standortbeschreibung /4/ entnommen.

3 Risikoanalyse

3.1 Eisabwurf und Eisabfall

Eisstücke oder Eiszapfen, die aus großer Höhe und mit entsprechend hoher Geschwindigkeit herabgeschleudert werden oder herunterfallen, können für Verkehrsteilnehmer:innen im Trefferbereich eine ernste Gefahr darstellen. Durch Eisbildung an Gebäuden sind in Gebieten mit starker Eisbildung bereits Personen durch herabfallende Eisstücke zu Schaden gekommen.

Grundlegend muss bei der Bewertung von vereisten WEA zwischen den Gefährdungen durch Eisabwurf und Eisabfall unterschieden werden. Der Eisabwurf ist das Abwerfen eines Eisobjektes während

des Betriebes der WEA, das Eisobjekt wird dabei durch die drehende Rotorbewegung beschleunigt. Der Eisabfall ist das Abfallen eines Eisobjektes bei abgeschalteter WEA (Trudelbetrieb), hierbei wird das Eisobjekt im Fallen durch den Wind abgetrieben. Zur Ermittlung des möglichen Gefährdungsbereichs durch Eisabwurf bzw. Eisabfall von Rotorblättern einer WEA ist zunächst zu prüfen, ob die WEA über eine automatische Abschaltung bei Eisansatz verfügt. Bei WEA ohne eine wirksame Eisabschaltung kommt es infolge der Drehung des Rotors zum Wegschleudern des Eises (Eisabwurf), wodurch erheblich größere Wurfweiten erzielt werden.

Für die standortbezogene Bewertung der Gefährdung durch Eisabwurf und Eisabfall wird im Rahmen der Risikoanalyse das Eiserkennungssystem zur Verhinderung des Eisabwurfs dargestellt. Die Ergebnisse werden in der Risikobewertung (siehe Kapitel 5) unter Berücksichtigung der tatsächlichen Standortumgebung beurteilt.

3.1.1 Vereisungspotential

Die Vereisung durch Eisregen oder Raueis hängt von den meteorologischen Verhältnissen wie Lufttemperatur, relative und absolute Luftfeuchte sowie der Windgeschwindigkeit ab. Diese Parameter werden z. B. durch die Topografie des zu beurteilenden Standortes beeinflusst. Wesentlich sind außerdem die Eigenschaften der Bauteile wie Werkstoff, Oberflächenbeschaffenheit und Form. Allgemein gültige Angaben über das Auftreten von Vereisung können deshalb nicht gemacht werden. Vereisung bildet sich jedoch bevorzugt im Gebirge, im Bereich feuchter Aufwinde oder in der Nähe großer Gewässer, auch in Küstennähe und an Flussläufen /18/, /19/, /20/.

Aufgrund des Tragflächenprinzips von WEA-Rotorblättern sinkt der Luftdruck infolge der Beschleunigung der Luft an der Hinterseite der Rotorblätter (Bernoulli-Effekt). Durch den plötzlichen Druckabfall kommt es zu einer Verringerung der Lufttemperatur. Dieser Effekt kann die Vereisung der Rotorblätter bei bestimmten Wetterlagen verstärken. Während Eisablagerungen bei entsprechender Schichtstärke zu einer Gefährdung führen können, stellen Reif- und Schneeablagerungen für die Umgebung keine Gefahr dar. Eisabfall von Rotorblättern tritt nach jeder Vereisungswetterlage mit einsetzendem Tauwetter auf. Abgeschaltete WEA unterscheiden sich dann nicht wesentlich von anderen hohen Objekten wie z. B. Brücken oder Strommasten.

Für den Standort Arneburg Ost R ist gemäß den Eiskarten Europas /11/ und den Angaben zu den jährlichen Vereisungstagen des DWD /12/, /13/ sowie der Auswertung des Wlce Atlas für Deutschland durch das VTT Technical Research Centre /14/ im Mittel mit ca. neun möglichen Vereisungstagen pro Jahr zu rechnen.

Zusätzlich zur jährlichen Vereisungsperiode (Anzahl der Vereisungsereignisse) ist die Anzahl der Eisabfallereignisse je Vereisung abzuschätzen. Hierzu nutzt TÜV NORD die Erkenntnisse zweier Studien, in denen beobachtete abgefallene bzw. abgeworfene Eisobjekte von WEA statistisch erfasst wurden (am Standort Gütsch in der Schweiz an einer WEA mit 22,0 m Rotorradius und an drei Standorten in Schweden an WEA mit 45,0 m Rotorradius) /16/, /17/. Die Ergebnisse werden unter Berücksichtigung einer Dunkelziffer an nicht erfassten Eisobjekten auf den geplanten WEA-Typen übertragen. Auf Basis des in /26/ dargestellten Ansatzes wird die Anzahl der beobachteten Eisobjekte auf größere Rotorradien hochskaliert. Daraus ergeben sich für die WEA des Typs Vestas V162 ca. 125 Eisobjekte pro Vereisungsereignis.

3.1.2 Automatische Eisabschaltung (Eisabwurf)

Zur Ermittlung des möglichen Gefährdungsbereichs durch Eisabwurf bzw. Eisabfall von Rotorblättern der WEA ist zunächst zu prüfen, ob die geplante WEA über eine automatische Abschaltung bei Eisansatz verfügt. Bei WEA, die über eine wirksame Eisabschaltung verfügen, sind lediglich der Eisabfall von der abgeschalteten WEA und die seitliche Ablenkung durch den Wind zu berücksichtigen. Sofern er-

forderliche Abstände zu den relevanten Schutzobjekten in Bezug auf eine mögliche Gefahr durch Eisabwurf nicht eingehalten werden (siehe Kapitel 1), ist die Funktionssicherheit der Eiserkennung mit einer gutachterlichen Stellungnahme einer oder eines Sachverständigen nachzuweisen /25/.

Für die Eiserkennung ist das Eiserkennungssystem Vestas Ice Detection (VID; BLADEcontrol) geplant /5/. Die Erkennung des Eisansatzes beruht beim geplanten VID (BLADEcontrol) auf einer Überwachung der Eigenfrequenzen der Rotorblätter. Die Masse der Blätter nimmt bei Eisansatz zu und bewirkt eine Frequenzverschiebung, welche Eisansatz signalisiert /5/, /7/. Gemäß /7/ überschreitet die Empfindlichkeit das notwendige Maß, sodass eine Gefährdung der Umgebung durch Eisabwurf im laufenden Betrieb nicht anzunehmen ist. Ein Eisansatz wird erkannt, bevor dieser eine kritische Masse erreicht /7/.

Dadurch, dass VID (BLADEcontrol) auch bei Stillstand der WEA das Eis direkt an den Rotorblättern detektiert, kann die WEA bei Eisansatz nicht nur automatisch abgeschaltet werden, es wird auch die Eisfreiheit der Rotorblätter zeitnah gemessen /7/, /8/. Die WEA kann dann automatisch wieder zugeschaltet werden /8/.

BLADEcontrol wurde nach DNV-SE-0439 „Zertifizierung der Zustandsüberwachung“ /9/ zertifiziert /6/. Mit /7/ wurde für die Eiserkennung mittels BLADEcontrol bestätigt, dass das System dem aktuellen Stand der Technik entspricht und zur Erkennung von Eisansatz geeignet ist. Mit /8/ wurde die Integration der Eiserkennung mittels BLADEcontrol in die Steuerung von Vestas-WEA in Hinblick auf eine zuverlässige Eiserkennung geprüft. Die Prüfung hat ergeben, dass die WEA bei Eisansatz sicher abgeschaltet werden und die Integration der Eiserkennung in die WEA-Steuerung dem aktuellen Stand der Technik entspricht /8/. Gemäß /7/ werden die behördlichen Anforderungen für eine sichere Abschaltung bei einer Gefahr von Eisabwurf im laufenden Betrieb als „sonstige Gefahr“ im Sinne des § 5 BImSchG erfüllt. Das vorgesehene System ist gemäß /7/ und /8/ auch unter konservativen Annahmen zur Gefahrenabwehr bzgl. Eisabwurf geeignet.

Ein Wegschleudern kritischer Eismassen von rotierenden Rotorblättern (Eisabwurf) ist aufgrund des geplanten Systems zur Eiserkennung für den Standort Arneburg Ost R nicht anzunehmen. Im Folgenden wird die darüber hinaus bestehende Gefährdung durch Eisabfall betrachtet.

3.1.3 Randbedingungen für die Untersuchung des Eisabfalls

Für die Berechnungen der maximalen Fallweiten werden die folgenden Rahmenbedingungen angenommen:

- WEA-Typ: Vestas V162 mit 169,0 m NH und 162,0 m D.
- Drehzahl bei Eisabfall: Die WEA ist abgeschaltet (Trudelbetrieb). In Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit wird die entsprechende Drehzahl im Trudelbetrieb ermittelt (Drehzahlbereich Trudeln 0 – 2,7 U/min) und als Anfangsgeschwindigkeit des Eisobjekts berücksichtigt.
- Lageparameter des Rotorblattes: Das Rotorblatt steht senkrecht über dem Turm, sodass die Blattspitze ihre maximale Höhe erreicht.
- Lageparameter des Eisobjekts: Das Eisobjekt befindet sich an der Rotorblattspitze.
- Eisobjekt: Idealisierte Eisobjekte mit unterschiedlicher Form und Größe.
- Windrichtung: Der Wind kommt aus beliebiger Richtung und weht in horizontaler Richtung orthogonal zur Rotorebene. Eine entsprechende Stellung der WEA ist durch die automatische Windnachführung gegeben.
- Windgeschwindigkeit: Für die Windgeschwindigkeit wird das 99,9%-Quantil der Windgeschwindigkeitsverteilung auf Nabenhöhe ermittelt. Diese Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe ist hinreichend konservativ gewählt, da sie zu 99,9% nicht überschritten wird und zudem für die gesamte Flugbahn angesetzt wird.
- Physikalische Parameter: Erdbeschleunigung $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, Luftdichte $\rho = 1,3 \text{ kg/m}^3$ (konservativ aufgerundet bei 0°C Lufttemperatur).

Die relativen Häufigkeiten der Windrichtung und die Weibullverteilung wurden von der JUWI GmbH zur Verfügung gestellt /3/. Diese werden als repräsentativ und richtig für den Standort vorausgesetzt und wurden nicht durch TÜV NORD geprüft.

Über die anzusetzende Form und Größe der Eisobjekte gibt es nur wenige belastbare Angaben. Die zur Verfügung stehenden Angaben deuten darauf hin, dass die Mehrzahl der Eisobjekte relativ klein ist (bis ca. 2,0 kg) und die Eisobjekte selten ein Gewicht von mehreren Kilogramm aufweisen /10/, /11/, /15/. Zudem hat sich in Feldstudien /15/ gezeigt, dass das Gewicht der Eisobjekte für die Fallweite von geringer Relevanz ist. Die Flugeigenschaften werden im Wesentlichen von der Geometrie und dem c_w -Wert (Strömungswiderstandskoeffizient) beeinflusst.

Um den Einfluss von unterschiedlichen Eisobjekten zu berücksichtigen, werden für die Berechnungen idealisierte Eisobjekte mit unterschiedlicher Form und Größe angesetzt. Die Gewichte der Eisobjekte werden unter Berücksichtigung der Kenntnisse aus /15/ auf 1,0 kg normiert. Die Eigenschaften der zugrunde gelegten Eisobjekte sind in Tabelle 1 dargestellt.

Nr.	Masse [kg]	Dichte [kg/m ³]	Form	mittlere Fläche [m ²]	mittlerer c_w -Wert [-]
1	1,0	700	Würfel	0,013	1,11
2	1,0	700	Quader	0,015	1,14
3	1,0	700	Quader	0,019	1,17
4	1,0	700	Platte	0,026	1,23
5	1,0	700	Platte	0,035	1,31

Tabelle 1: Idealisierte Eisobjekte.

3.1.4 Gefährdungsradius

Für die geplante WEA mit einer Gesamthöhe von ca. 250 m über Grund wurde mit einer Windgeschwindigkeit von 21,3 m/s (99,9%-Quantil der Windgeschwindigkeitsverteilung /3/) auf Basis der in Tabelle 1 angegebenen Eisobjekte die maximale Fallweite ermittelt. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle 2 und die entsprechenden Fallkurven in Abbildung 2 dargestellt.

v [m/s]	1 Würfel [m]	2 Quader [m]	3 Quader [m]	4 Platte [m]	5 Platte [m]
21,3	156,9	173,8	197,5	242,8	291,3

Tabelle 2: Ermittelte maximale Fallweiten.

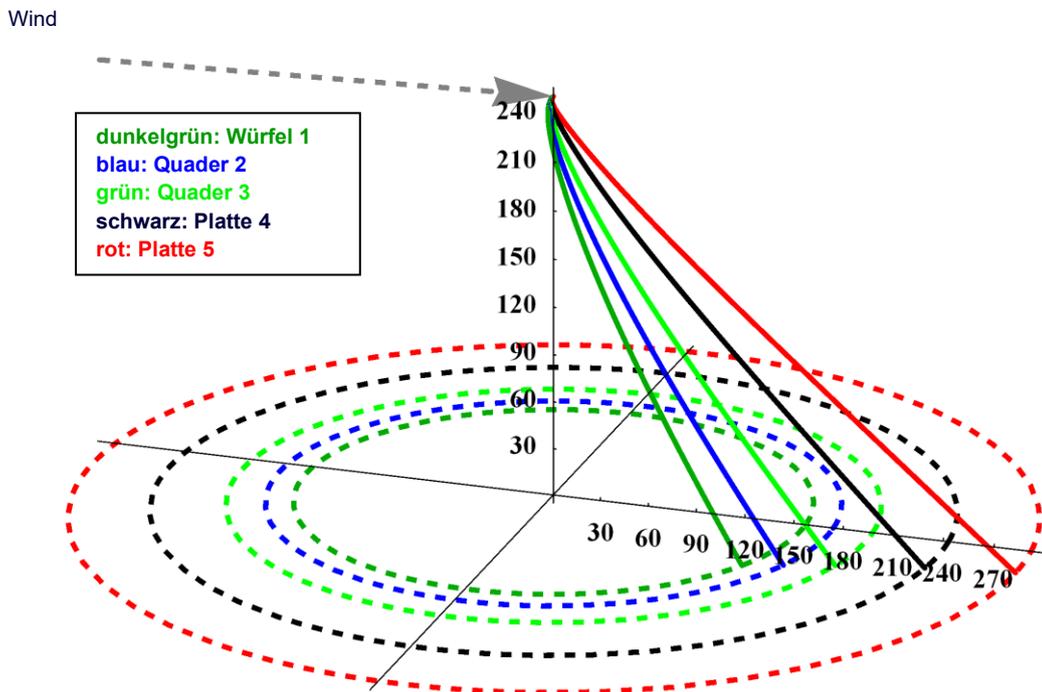


Abbildung 2: Fallweiten bei 21,3 m/s Windgeschwindigkeit.

Die ermittelte maximale Fallweite ist der Tabelle 2 (Eisobjekt Nr. 5) zu entnehmen. Diese maximale Fallweite ist in der nachfolgenden Abbildung 3 als Gefährdungsradius (rot gestrichelt) um die geplante WEA dargestellt. Es ist zu erkennen, dass keine Abschnitte der Kreisstraße 1036 durch den Gefährdungsradius der geplanten WEA überdeckt werden. Darüber hinaus ist zu erkennen, dass Teile des Gefährdungsradius Abschnitte der Wirtschaftswege überdecken.

Für die hauptsächlich landwirtschaftlich genutzten Wirtschaftswege /4/, für die im Winter außerhalb der Bewirtschaftungsperiode von einer unregelmäßigen Nutzung ausgegangen werden kann, wird die Nutzungshäufigkeit sowie die mögliche Gefährdung durch Eisabfall innerhalb des ermittelten Gefährdungsradius qualitativ berücksichtigt (siehe Kapitel 5).

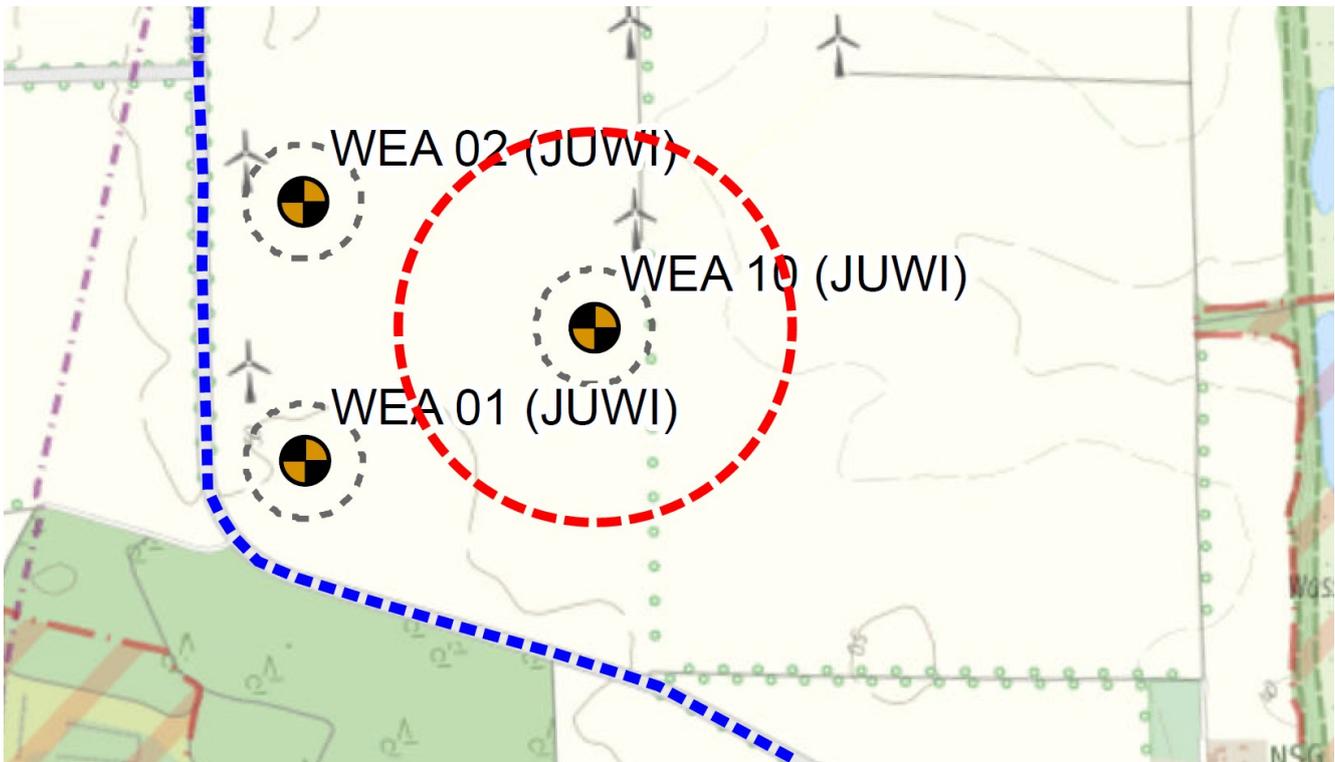


Abbildung 3: Gefährdungsradius – rot gestrichelt ($v = 21,3 \text{ m/s}$).

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 und unter Annahme der Richtigkeit der eingereichten Unterlagen.

5 Zusammenfassung und Risikobewertung

Am Standort Arneburg Ost R in Sachsen-Anhalt plant die JUWI GmbH die Errichtung von einer WEA des Typs Vestas V162 mit 169,0 m NH und 162,0 m D. In der Nähe der geplanten WEA verläuft die Kreisstraße K1036.

Im Rahmen der gutachtlichen Stellungnahme galt es zu prüfen und zu bewerten, ob eine besondere Gefährdung von Verkehrsteilnehmer:innen auf der Kreisstraße 1036 durch Eisabwurf/Eisabfall der geplanten WEA 10 vorliegt. Zusammenfassend wurden die folgenden Ergebnisse und daraus resultierenden Empfehlungen ermittelt:

5.1 Eisabwurf

Auf Basis der TÜV NORD zur Verfügung gestellten Unterlagen zur Eiserkennung und zur Verhinderung von kritischem Eisabwurf (Kapitel 3.1.1) von drehenden Rotoren kommt TÜV NORD zu dem Ergebnis, dass unter Berücksichtigung des bei derartigen technischen Systemen grundsätzlich bestehenden Restrisikos für technisches Versagen das Ereignis kritischer Eisabwurf für die betrachteten WEA ausgeschlossen werden kann. Mit der Prüfung in /7/ und /8/ wurde für die Wirksamkeit des geplanten Eiserkennungssystems der aktuelle Stand der Technik bestätigt. Hierbei ist zu beachten, dass die Eiserkennung wie in /7/ und /8/ beschrieben in den geplanten WEA-Typ Vestas V162 integriert wird.

5.2 Eisabfall

Auf Basis der ermittelten Gefährdung durch Eisabfall ist zu erkennen, dass die landwirtschaftlich genutzten Wirtschaftswege in der näheren Umgebung der geplanten WEA 10 sowie Teile der Kreisstraße 1036 durch Eisabfall betroffen sind. Eine direkte Gefährdung von Verkehrsteilnehmer:innen auf der Kreisstraße 1036 durch Eisabfall ist auf Basis der Ergebnisse aus Kapitel 3.1.4 nicht anzunehmen.

Für die landwirtschaftliche Nutzung der umliegenden Flächen und Wirtschaftswege 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:innen 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 das Metaldach eines Fahrzeuges durchschlagen hat.

5.2.1 Empfohlene risikoreduzierende Maßnahmen

Unter Berücksichtigung des Eiserkennungssystems (siehe Kapitel 3.1.1) sowie der Ergebnisse aus Kapitel 3 empfiehlt TÜV NORD die folgenden üblichen Maßnahmen zur weiteren Minderung des Restrisikos:

- Die Funktionsfähigkeit des Eiserkennungssystems der WEA sollte im Rahmen der Inbetriebnahme /21/, /22/ durch unabhängige fachkundige Person im Sinne des Vier-Augen-Prinzips geprüft und dokumentiert werden. Betriebsbegleitend ist die Funktionalität des Eiserkennungssystems im Rahmen der vorgesehenen Prüfungen des Sicherheitssystems und der sicherheitstechnisch relevanten Komponenten der WEA /21/, /22/ durch eine unabhängige fachkundige Person regelmäßig aufzuzeigen.

- Durch Hinweisschilder (mind. im Abstand der 1,2-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 Benutzer:innen der Wirtschaftswege frühzeitig erkannt werden. Hierbei können die Schilder durch ein eindeutiges Piktogramm /26/ ergänzt werden, welches auf die Gefährdung durch Eisabfall hinweist.

5.3 Abschließende Risikobewertung

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 abgeschaltete, vereiste WEA prinzipiell nicht von anderen Bauwerken mit Eisansatz unterscheidet,
- 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:innen auf der Kreisstraße K1036 sowie den umliegenden Wirtschaftswegen als akzeptabel zu betrachten.

Unter Berücksichtigung

- der mit der Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen des Bundeslandes Sachsen-Anhalt /25/ eingeführten technischen Regeln Anlage A 1.2.8/6: „Gefahr des Eisabfalls und Eisabwurfs bei Unterschreitung eines Abstands von $1,5 \times$ (Rotordurchmesser + Nabenhöhe)“

sowie in Anlehnung an

- das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) /23/ §5 Abs. 1 Nr. 1: „Vermeidung sonstiger Gefahren“

ist eine unzulässige Gefährdung von Verkehrsteilnehmer:innen durch Eisabwurf/Eisabfall der geplanten WEA 10 am Standort Arneburg Ost R nach Umsetzung der genannten Maßnahmen zur Risikominderung nicht anzunehmen.

6 Rechtsbelehrung

Die vorliegende gutachtliche Stellungnahme ist nur in ihrer Gesamtheit gültig. Die darin getroffenen Aussagen beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden übermittelten Dokumente.

Die TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG leistet keine Gewähr für die Erfüllung von Vorhersagen. Die TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit der eingereichten Unterlagen und Angaben und für durch unrichtige Angaben bedingte falsche Aussagen oder abgeleitete Empfehlungen.

Die von TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG erbrachten Leistungen (z. B. Gutachten-, Prüf- und Beratungsleistungen) dürfen nur im Rahmen des vertraglich vereinbarten Zwecks verwendet werden. Vorbehaltlich abweichender Vereinbarungen im Einzelfall, räumt TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG der JUWI GmbH an seinen urheberrechtlichfähigen Leistungen jeweils ein einfaches, nicht übertragbares sowie zeitlich und räumlich auf den Vertragszweck beschränktes Nutzungsrecht ein. Weitere Rechte werden ausdrücklich nicht eingeräumt, insbesondere ist die JUWI GmbH nicht berechtigt, die Leistungen des Auftragnehmers zu bearbeiten, zu verändern oder nur auszugsweise zu nutzen.

Eine Veröffentlichung der Leistungen über den Rahmen des vertraglich vereinbarten Zwecks hinaus, auch auszugsweise, bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung von TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG. Eine Bezugnahme auf TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG ist nur bei Verwendung der Leistung in Gänze und unverändert zulässig.

Bei einem Verstoß gegen die vorstehenden Bedingungen ist TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG jederzeit berechtigt, der JUWI GmbH die weitere Nutzung der Leistungen zu untersagen.

7 Formelzeichen und Abkürzungen

A	Skalierungsparameter der Weibull-Verteilung	[m/s]
ALARP	As Low As Reasonably Practicable	
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz	
D	Rotordurchmesser	[m]
GBE	Gesundheitsberichterstattung des Bundes	
k	Formparameter der Weibull-Verteilung	[-]
LKW	Lastkraftwagen	
MEM	Minimale endogene Sterblichkeit	
min	Minute	
NH	Nabenhöhe	[m]
PNenn	Nennleistung	[MW]
v	Windgeschwindigkeit	[m/s]
VTT	VTT Technical Research Centre of Finland	
WEA	Windenergieanlage(n)	

8 Literatur- und Quellenangaben

- /1/ JUWI GmbH. Angaben zu den WEA-Spezifikationen. Übermittelt durch JUWI GmbH mit E-Mail vom 31.05.2024.
- /2/ JUWI GmbH. Lageplan: Übersichtsplan (WEA10) TK25, Stand: 08.05.2024. Übermittelt durch JUWI GmbH mit E-Mail vom 15.05.2024.
- /3/ anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH. Angaben zu den meteorologischen Daten: Dokument 22-028-7022671-Rev.00-WDA-DC, Anhang G: Weibull-Statistiken. Übermittelt durch JUWI GmbH mit E-Mail vom 16.10.2023.
- /4/ JUWI GmbH. Beschreibung der Schutzobjekte und Angaben zu den Nutzungshäufigkeiten. Übermittelt durch JUWI GmbH mit E-Mail vom 15.05.2024.
- /5/ Vestas Wind Systems A/S. Allgemeine Spezifikation Vestas Eiserkennungssystem (VID) V105 / V112 / V117 / V126 / V136 - 3.45 / 3.6 MW 50 / 60 Hz V117 / V136 / V150 – 4.0 / 4.2MW 50 / 60 Hz V150 / V162 – 5.6 / 6.0 / 6.2 MW 50 / 60Hz V162 / V172 – 7.2 MW 50 / 60 Hz, Dokumenten-nr.: 0049-7921 V15, Stand: 13.10.2022. Übermittelt durch JUWI GmbH mit E-Mail vom 15.05.2024.
- /6/ DNV Renewables Certification. Typenzertifikat: Rotorblatt-Überwachungssystem Vestas Ice Detector (VID). TC-DNV-SE-0439-09298-0, Stand: 20.10.2022, gültig bis: 19.10.2024. Übermittelt durch JUWI GmbH mit E-Mail vom 15.05.2024.
- /7/ DNV Renewables Certification. Gutachten Ice Detection System, BLADEcontrol Ice Detector BID, Report-Nr.: 75138, Rev. 8, Stand 24.11.2022. Übermittelt durch JUWI GmbH mit E-Mail vom 15.05.2024.
- /8/ DNV Renewables Certification. Gutachten Ice Detection System – Integration des BLADEcontrol Ice Detector BID in die Steuerung von Vestas Windenergieanlagen, Report Nr.: 75172, Rev. 6 Stand: 18.10.2021. Übermittelt durch JUWI GmbH mit E-Mail vom 16.10.2023.
- /9/ DNV GL AS. Service Specification DNV-SE-0439: Certification of condition monitoring. Oktober 2021.
- /10/ Seifert, H. et al. Risk analysis of ice throw from wind turbines, BOREAS VI. Pyhä, Finland. 2003.
- /11/ 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.
- /12/ Deutscher Wetterdienst. Freie Klimadaten, Eistage Deutschland 1991-2020 (Rasterdaten). www.dwd.de.
- /13/ 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.
- /14/ VTT Technical Research Centre of Finland. Icing map of Germany, 2020.
- /15/ Cattin, R. et al. WIND TURBINE ICE THROW STUDIES IN THE SWISS ALPS. European Wind Energy Conference, Milan, Italy. 2007.
- /16/ Cattin, R. et al. Four years of monitoring a wind turbine under icing conditions, IWAIS 2009, 13th International Workshop on Atmospheric Icing of Structures. Bern. 2009.
- /17/ Lunden, J. ICETHROWER Mapping and tool for risk analysis. Pöyry, Schweden. Winterwind, Skelleftea, Schweden. 2017.
- /18/ Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (DKE); DIN EN IEC 61400-1 (VDE 0127-1):2019; Windenergieanlagen – Teil 1 Auslegungsanforderungen (IEC 6140-1:2019). Dezember 2019.
- /19/ VTT Technical Research Centre of Finland. State-of-the-art of wind energy in cold climates. VTT WORKING PAPERS 152. ISBN 978-951-38-7493-3. 2010.

- /20/ COST-727. Atmospheric Icing on Structures. Measurements and data collection on icing: State of the Art Publication of MeteoSwiss, 75, 110 pp. Zürich. 2006.
- /21/ DIBt. Richtlinie für Windenergieanlagen – Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung. Berlin. Stand Oktober 2012 – Korrigierte Fassung März 2015.
- /22/ Germanischer Lloyd. Vorschriften und Richtlinien. IV Industriedienste. Richtlinie für die Zertifizierung von Windenergieanlagen. Hamburg. Ausgabe 2010.
- /23/ BImSchG. Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge. Deutschland. Fassung vom 26.07.2023.
- /24/ Jarass, H. D. 2012. Bundes-Immissionsschutzgesetz: BImSchG, Kommentarunter Berücksichtigung der Bundes-Immissionsschutzverordnungen, der TA Luft sowie der TA Lärm. Verlag C.H. Beck, München, 2012.
- /25/ Ministerium für Landesentwicklung und Verkehr. Technische Baubestimmungen. Fassung Mai 2023.
- /26/ IEA Wind TCP Task 19. International Recommendations for Ice Fall and Ice Throw Risk Assessments. Revision 1, April 2022.
- /27/ IEC TS 61400-31. Wind energy generation systems – Part 31: Siting risk assessment. November 2023.
- /28/ TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG. Gutachtliche Stellungnahme zur Risikobeurteilung Eisabwurf/Eisabfall am WEA Standort Arneburg-Sanne vom 17.11.2023, Referenz-Nr.: 2024-WND-RB-389-R0.