

GUTACHTLICHE STELLUNGNAHME

**zur Risikobeurteilung Eisabwurf/Eisabfall im Windpark
Frielinghausen-Höringhausen III**



TÜV NORD Referenznr.: 2025-WND-RB-106-R0

Datum: 06.06.2025

Gegenstand der Prüfung	Gutachtliche Stellungnahme zur Risikobeurteilung Eisabwurf/Eisabfall im Windpark Frielinghausen-Höringhausen III
Kunde	UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG Dr.-Eberle-Platz 1 01662 Meißen

Die Ausarbeitung der gutachtlichen Stellungnahme erfolgte durch:

Verfasser	B.Sc. F. Lautenschlager Sachverständiger Hamburg, 06.06.2025
Geprüft durch	Dipl.-Ing. O. Raupach Sachverständiger Hamburg, 06.06.2025

WEA-Typ	P_{Nenn} [MW]	D [m]	NH [m]
Nordex N175	6,8	175,0	179,0

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. F. Lautenschlager
Telefon: +49 40 8557-1482
E-Mail: flautenschlager@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	06.06.2025	Erste Ausgabe

Eingereichte Unterlagen:

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

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	5
2	Angaben zum Windenergieanlagen-Standort.....	6
3	Risikoanalyse.....	7
3.1	<i>Eisabwurf und Eisabfall</i>	7
3.1.1	Vereisungspotential.....	7
3.1.2	Automatische Eisabschaltung (Eisabwurf).....	8
3.1.3	Randbedingungen für die Untersuchung des Eisabwurf	8
3.1.4	Gefährdungsradius.....	9
4	Modell- und Datenunsicherheiten.....	11
5	Zusammenfassung und Risikobewertung	11
6	Rechtsbelehrung	14
7	Formelzeichen und Abkürzungen.....	15
8	Literatur- und Quellenangaben	16

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Lageplan /2/.....	6
Abbildung 2:	Gefährdungsradius – rot gestrichelt ($v = 23,1 \text{ m/s}$).....	10

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Idealisierte Eisobjekte.....	9
Tabelle 2:	Ermittelte maximale Wurfweiten.....	9

1 Aufgabenstellung

Im Windpark Frielinghausen-Höringhausen III in Nordrhein-Westfalen plant die UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG die Errichtung von einer Windenergieanlage (WEA) des Typs Nordex N175 mit 179,0 m Nabenhöhe (NH) und 175,0 m Rotordurchmesser (D). In der Nähe der geplanten WEA verlaufen einige Wirtschaftswege.

Gemäß Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) /18/ § 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, 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 geplante WEA beeinträchtigt wird. In der durch das Bundesland Nordrhein-Westfalen eingeführten Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen /19/ werden aufgrund einer Gefahr durch Eisabfall und Eisabwurf Mindestabstände definiert. Nach /19/ 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 UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG mit Schreiben vom 28.03.2025 mit der Erstellung einer Risikobeurteilung Eisabwurf/Eisabfall beauftragt worden. Die folgende Vorgehensweise ist Gegenstand der Beauftragung:

Erstellung einer gutachtlichen Stellungnahme zur möglichen Gefährdung von Personen auf den umliegenden forstwirtschaftlich genutzten Wirtschaftswegen durch Eisabwurf/Eisabfall der geplanten WEA. 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 Nordex N175.
4. Darstellung des Vorgehens der Risikoanalyse.
5. Darstellung der möglichen Gefährdung durch herabfallende Eisobjekte bei der WEA des Typs Nordex N175 im Windpark Frielinghausen-Höringhausen III 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. Gebäudeschäden, Fahrzeugschäden, Ausbreitungsrechnungen für Gefahrstoffe, Schadensbeurteilung, Untersuchung weiterer Schutzobjekte) erfolgt nicht im Rahmen dieser gutachtlichen Stellungnahme. Die Risikobeurteilung erfolgt auf Grundlage der eingereichten Unterlagen. Es wird ausschließlich die Gefährdung von Personen auf den umliegenden forstwirtschaftlich genutzten Wirtschaftswegen durch Eisabwurf/Eisabfall durch die geplante WEA beurteilt, 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 /21/, /22/.

2 Angaben zum Windenergieanlagen-Standort

Die Lage der geplanten WEA des Typs Nordex N175 ist dem Lageplan in Abbildung 1 zu entnehmen.

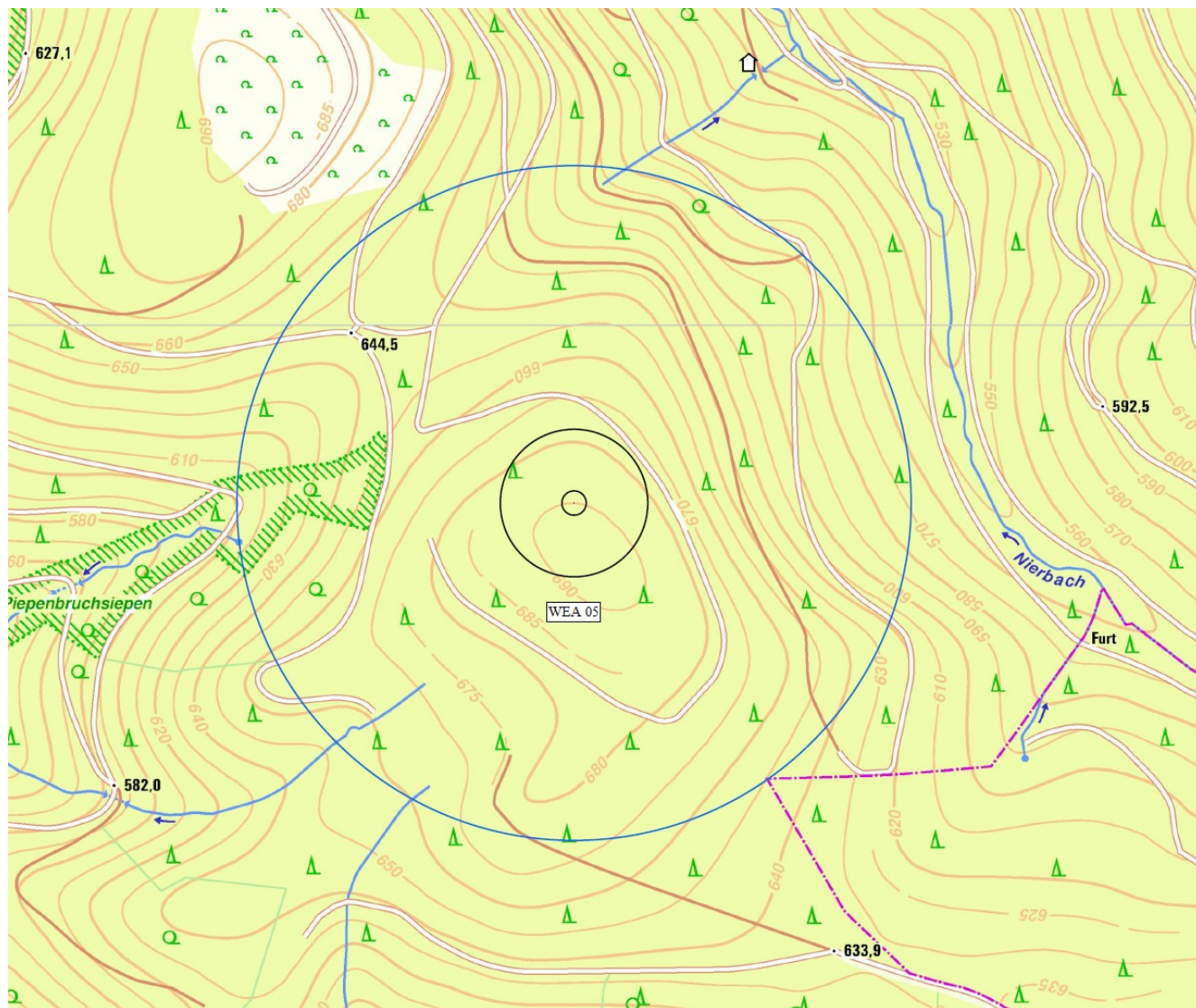


Abbildung 1: Lageplan /2/.

Das umliegende Gelände der geplanten WEA am Standort Frielinghausen-Höringhausen III ist flächen-deckend bewaldet. In der näheren Umgebung der geplanten WEA verlaufen einige Wirtschaftswege, welche vorrangig forstwirtschaftlich genutzt werden (untergeordnete Freizeitnutzung) /5/.

Die Angaben zum Standort wurden dem Lageplan /2/ und der Standortbeschreibung /5/ 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 Personen 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. Darauf folgend wird abhängig von der Bewertung des Eiserkennungssystems entweder die Gefährdung durch Eisabfall oder durch Eisabwurf ermittelt. 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 /15/, /16/, /17/.

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 Windpark Frielinghausen-Höringhausen III ist gemäß den Eiskarten Europas /8/ und den Angaben zu den jährlichen Vereisungstagen des DWD /9/, /10/ sowie der Auswertung des Wlce Atlas für Deutschland durch das VTT Technical Research Centre /11/ im Mittel mit ca. 14 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) /13/, /14/. Die Ergebnisse werden unter Berücksichtigung

einer Dunkelziffer an nicht erfassten Eisobjekten auf den geplanten WEA-Typ übertragen. Auf Basis des in /21/ dargestellten Ansatzes wird die Anzahl der beobachteten Eisobjekte auf größere Rotorradien hochskaliert. Daraus ergeben sich für die WEA des Typs Nordex N175 ca. 140 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. Bei WEA ohne eine wirksame Eisabschaltung kommt es infolge der Rotation des Rotors zum Wegschleudern des Eises (Eisabwurf), wodurch erheblich größere Wurfweiten erzielt werden.

Das standardmäßige Sicherheitskonzept zur Behandlung von Eisansatz und zur Verhinderung von Eisabwurf /6/ beinhaltet drei unterschiedliche Systeme zur indirekten Eiserkennung (Schwingsüberwachung, Leistungskurvenverfahren und Vergleich der Windmessung).

Setzt sich das gebildete Eis ungleichmäßig an den Rotorblättern an, so kann dies zu einer Unwucht an den Rotorblättern führen. Diese Unwucht regt wiederum die Gondel und den Turm zu Vibrationen an, die über die standardmäßig installierte und dauerhaft arbeitende Turmschwingungsüberwachung erkannt werden. Im Falle von unzulässig hohen Vibrationen wird die Anlage sofort gestoppt.

Bei Eisansatz an den Rotorblättern verändern sich deren Form und damit ihr aerodynamisches Profil, so dass es zu einer Abweichung zwischen Soll- und Ist-Leistung bei der aktuell vorherrschenden Windgeschwindigkeit kommt (Leistungskurvenverfahren). Die WEA wird bei Nichteinhaltung der Vorgabeparameter sofort „sanft“ abgebremst /6/.

Die Kombination der sicherheitstechnischen Standardverfahren zur Eiserkennung der Nordex WEA (Schwingsüberwachung, Leistungskurvenverfahren, Vergleich der Windmessungen) ist prinzipiell dazu geeignet, einen Eisansatz an den Rotorblättern zu erkennen und die WEA abzuschalten und damit eine Gefährdung von Personen und Schutzobjekten in der Umgebung der WEA durch Eisabwurf zu reduzieren. Ein kritischer Eisabwurf von den drehenden Rotorblättern kann auf Basis der Standardmaßnahmen jedoch nicht vollständig ausgeschlossen werden. Hierfür ist die Ausrüstung der WEA mit einem unabhängig geprüften Eiserkennungssystem erforderlich.

Im Rahmen der Risikobewertung soll beurteilt werden, ob die geplante WEA mit einem unabhängig geprüften Eiserkennungssystem auszurüsten ist /4/, um eine unzulässige Gefährdung durch Eisabwurf zu verhindern. Hierzu wird im Folgenden die mögliche Gefährdung durch Eisabwurf betrachtet.

3.1.3 Randbedingungen für die Untersuchung des Eisabwurf

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

- WEA-Typ: Nordex N175 mit 179,0 m NH und 175,0 m D.
- Drehzahl bei Eisabwurf: entspricht der maximalen Anlagendrehzahl von 10,9 U/min.
- Lageparameter des Rotorblattes: Die Stellung des Rotorblattes wird zur Ermittlung der maximalen Eisabwurfweite in der Rotationsebene der Rotorblätter schrittweise variiert.
- 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).
- Für die geplante WEA wurde auf Basis des eingereichten Kartenmaterials /2/ die maximale Überhöhung gegenüber den umliegenden Wegen ermittelt und konservativ für den gesamten Standort zugrunde gelegt.

Die relativen Häufigkeiten der Windrichtung und die Weibullverteilung wurden von der UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG 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 /7/, /8/, /12/. Zudem hat sich in Feldstudien /12/ 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 /12/ 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. 267 m über Grund wurden mit einer Windgeschwindigkeit von 23,1 m/s (99,9%-Quantil der Windgeschwindigkeitsverteilung /3/) auf Basis der in Tabelle 1 angegebenen Eisobjekte die maximale Wurfweite ermittelt. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle 2 dargestellt.

v [m/s]	1 Würfel [m]	2 Quader [m]	3 Quader [m]	4 Platte [m]	5 Platte [m]
23,1	403,0	420,3	448,8	505,2	569,1

Tabelle 2: Ermittelte maximale Wurfweiten.

Die ermittelte maximale Wurfweite ist der Tabelle 2 (Eisobjekt Nr. 5) zu entnehmen. Diese maximale Wurfweite ist in der nachfolgenden Abbildung 2 als Gefährdungsradius (rot gestrichelt) um die geplante WEA dargestellt. Es ist zu erkennen, dass Abschnitte der umliegenden Wirtschaftswege durch den Gefährdungsradius der geplanten WEA überdeckt werden. Für die hauptsächlich forstwirtschaftlich genutzten Wirtschaftswege /5/ wird die Nutzungshäufigkeit sowie die mögliche Gefährdung durch Eisabwurf innerhalb des ermittelten Gefährdungsradius qualitativ berücksichtigt (siehe Kapitel 5).

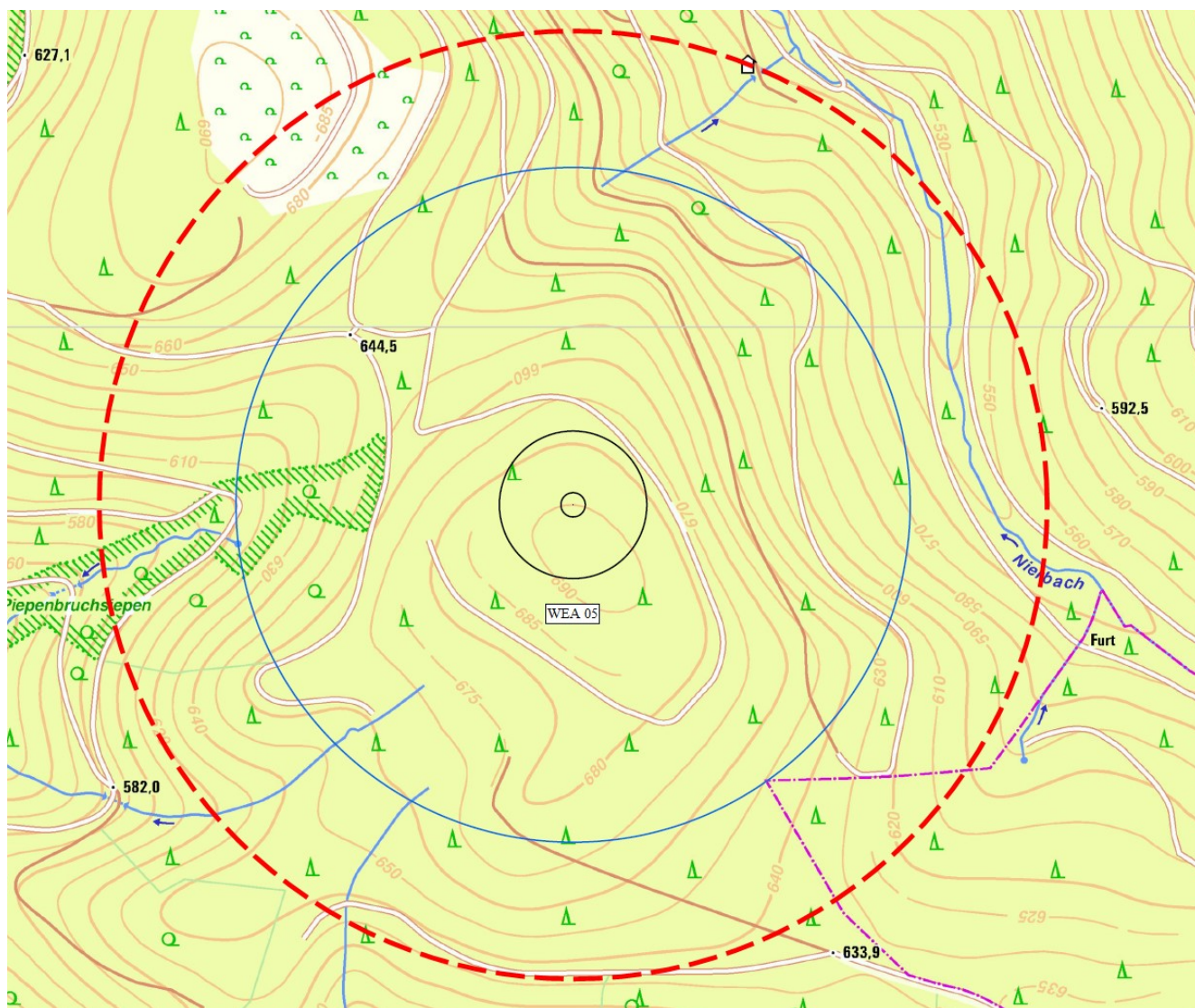


Abbildung 2: Gefährdungsradius – rot gestrichelt ($v = 23,1 \text{ m/s}$).

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. 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 Zusammenfassung und Risikobewertung

Im Windpark Frielinghausen-Höringhausen III in Nordrhein-Westfalen plant der Auftraggeber, die UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG, die Errichtung von einer WEA des Typs Nordex N175 mit 179,0m NH und 175,0m D. In der Nähe der geplanten WEA befinden sich einige Wirtschaftswege.

Im Rahmen der gutachtlichen Stellungnahme galt es zu prüfen und zu bewerten, ob eine besondere Gefährdung von Personen auf den nahegelegenen Wirtschaftswegen durch Eisabwurf/Eisabfall von der geplanten WEA vorliegt.

Zusammenfassend wurden die folgenden Ergebnisse und daraus resultierenden Empfehlungen ermittelt:

Aufgrund des geplanten Verzichts eines unabhängig geprüften und zertifizierten Eiserkennungssystems /4/ wurde die mögliche Gefahr durch Eisabwurf von der geplanten WEA betrachtet, wodurch sich die Gefährdungsbereiche um die WEA im Vergleich zum Eisabfall von abgeschalteten WEA (Trudelbetrieb) vergrößern.

Auf Basis der ermittelten Gefährdung durch Eisabwurf ist zu erkennen, dass die forstwirtschaftlich genutzten Wirtschaftswege in der näheren Umgebung der geplanten WEA durch Eisabwurf betroffen sind. Zusätzlich kann festgestellt werden, dass keine höherrangigen Verkehrswege von den Gefährdungsradien durch Eisabwurf der geplanten WEA überdeckt werden.

Für die forstwirtschaftliche Nutzung der umliegenden Flächen und Forstwege ist eine unzulässige Gefährdung durch Eisabwurf nicht zu unterstellen. Sollten hier Arbeiten im Winter durchgeführt werden, so werden diese normalerweise in einem zeitlich sehr begrenzten Rahmen durchgeführt. Bei Forstarbeiten im Freien wird üblicherweise ein Helm getragen bzw. kommen bei größeren Durchforstungsmaßnahmen überdachte Maschinen zum Einsatz. Diese bieten einen Schutz gegen möglichen Eisabwurf/Eisabfall. Die Fahrer forstwirtschaftlicher 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.

Da sich die Gefährdungsbereiche durch Eisabwurf rund um die WEA im Vergleich zum Eisabfall von abgeschalteten WEA (Trudelbetrieb) weiter ausdehnen, ist eine unzulässige Gefährdung durch Eisabfall von den abgeschalteten WEA (Trudelbetrieb) auf Basis der ermittelten Ergebnisse zum Eisabwurf ebenfalls nicht anzunehmen.

Weitere risikoreduzierende Maßnahmen

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus Kapitel 3 empfiehlt TÜV NORD die folgenden üblichen Maßnahmen zur weiteren Minderung des Restrisikos:

- Durch Hinweisschilder (mind. im Abstand der 2,1-fachen Gesamthöhe der WEA) ist an den Zufahrtswegen der WEA und den umliegenden Wirtschaftswegen auf die Gefährdung durch Eisabwurf aufmerksam zu machen. Die Schilder sind so aufzustellen, dass sie von möglichen Benutzern der Wirtschaftswege frühzeitig erkannt werden. Hierbei können die Schilder durch ein eindeutiges Piktogramm ergänzt werden, welches auf die Gefährdung durch Eisabwurf hinweist.
- Die Mitarbeiter der betroffenen Forstbetriebe sollten im Rahmen der Sicherheitsunterweisung nach §12 Arbeitsschutzgesetz /19/ über die Gefährdungen durch Eisabwurf unterrichtet werden. Zur Unterweisung gehören auch die vorgesehenen Warnhinweise, welche eine Eisabwurfgefahr anzeigen. Durch den Betreiber der geplanten WEA sind die hierfür benötigten Unterlagen für die betroffenen Forstbetriebe zur Verfügung zu stellen.

Unter Berücksichtigung der Tatsache,

- dass die Risikobeurteilung konservativ durchgeführt wurde,
- dass im Winter in den Wäldern am Standort grundsätzlich mit einem Risiko durch Eisabfall und brechenden Bäumen zu rechnen ist,
- dass über die Bäume am Standort ein natürlicher Schutz gegenüber herabfallenden Eisobjekten von einer vereisten WEA besteht (Abschattung),
- 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 den durch die Bäume der umliegenden Bewaldung bestehenden natürlichen Schutz (Abschattung)),
- dass die öffentlich zugänglichen Wege (Wirtschaftswegen) in unmittelbarer Nähe der WEA gemäß /5/ hauptsächlich forstwirtschaftlich genutzt werden (untergeordnete Freizeitnutzung),
- dass davon auszugehen ist, dass der forstwirtschaftliche Verkehr überwiegend mit geschützten Maschinen erfolgt,
- dass Forstarbeiten im Freien in einem zeitlich sehr begrenzten Rahmen durchgeführt werden, sowie dass bei Forstarbeiten ein Helm getragen wird und grundsätzlich von einem erhöhten Gefahrenpotential durch brechende Äste / Bäume und durch die Arbeit mit der Kettensäge ausgegangen werden muss,
- dass Warnhinweise zur Warnung vor akuter Eisabwurfgefahr an allen möglichen Zugängen zum Windpark aufgestellt werden sollen und hierüber die Möglichkeit zur Gefahrenvermeidung gegeben ist,

ist das nach Umsetzung obiger Maßnahmen zur Risikominderung verbleibende Restrisiko für Personen auf den umliegenden, hauptsächlich forstwirtschaftlich genutzten Wirtschaftswegen aufgrund der geringen anzunehmenden Nutzung /5/ als akzeptabel zu betrachten. Eine Ausstattung der geplanten WEA mit einem unabhängig geprüften Eiserkennungssystem ist auf dieser Basis aus Sicht von TÜV NORD nicht zwingend erforderlich.

Unter Berücksichtigung

- der mit der Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen /19/ eingeführten technischen Regeln Anlage A 1.2.8/6: „Gefahr des Eisabwurfs bei Unterschreitung eines Abstands von $1,5 \times (\text{Rotordurchmesser} + \text{Nabenhöhe})$ “

sowie in Anlehnung an

- das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) /18/ §5 Abs. 1 Nr. 1: „Vermeidung sonstiger Gefahren“

ist eine unzulässige Gefährdung von Personen auf den umliegenden Wirtschaftswegen durch die Errichtung der geplanten WEA im Windpark Frielinghausen-Höringhausen III durch Eisabwurf/Eisabfall nach Umsetzung der genannten Maßnahmen zur Risikominderung auch ohne unabhängig geprüftes Eiserkennungssystem 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 UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG an seinen urheberrechtsfähigen 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 UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG 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 UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG die weitere Nutzung der Leistungen zu untersagen.

7 Formelzeichen und Abkürzungen

A	Skalierungsparameter der Weibull-Verteilung	[m/s]
a	Jahr	
ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz	
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz	
D	Rotordurchmesser	[m]
h	Stunde	
k	Formparameter der Weibull-Verteilung	[-]
min	Minute	
NH	Nabenhöhe	[m]
P _{Nenn}	Nennleistung	[MW]
v	Windgeschwindigkeit	[m/s]
VTT	VTT Technical Research Centre of Finland	
WEA	Windenergieanlage(n)	

8 Literatur- und Quellenangaben

- /1/ UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG. Angaben zu den WEA-Spezifikationen. Übermittelt durch UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG mit E-Mail vom 13.05.2025.
- /2/ UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG. Lageplan: Übersichtsplan auf topografischer Karte -Eisabwurf-, Stand: 08.05.2025. Übermittelt durch UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG mit E-Mail vom 13.05.2025.
- /3/ Ramboll Deutschland GmbH. Angaben zu den meteorologischen Daten: Windgutachten Standort Frielinghausen-Höringhausen I, Analyse der Windverhältnisse, Revision: 01, Stand: 11.06.2024. Übermittelt durch UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG mit E-Mail vom 13.05.2025.
- /4/ UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG. Angaben zum Eiserkennungssystem. Übermittelt durch UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG mit E-Mail vom 20.05.2025.
- /5/ UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG. Beschreibung der Schutzobjekte und Angaben zu den Nutzungshäufigkeiten. Übermittelt durch UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG mit E-Mail vom 20.05.2025.
- /6/ Nordex Energy GmbH. Allgemeine Dokumentation Eiserkennung an Nordex-Windenergieanlagen. Dokumenten-Nr.: E0003946627 Rev.4 vom 08.02.2023.
- /7/ Seifert, H. et al. Risk analysis of ice throw from wind turbines, BOREAS VI. Pyhä, Finland. 2003.
- /8/ 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.
- /9/ Deutscher Wetterdienst. Freie Klimadaten, Eistage Deutschland 1991-2020 (Rasterdaten). www.dwd.de.
- /10/ 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.
- /11/ VTT Technical Research Centre of Finland. Icing map of Germany, 2020.
- /12/ Cattin, R. et al. WIND TURBINE ICE THROW STUDIES IN THE SWISS ALPS. European Wind Energy Conference, Milan, Italy. 2007.
- /13/ 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.
- /14/ Lunden, J. ICETHROWER Mapping and tool for risk analysis. Pöyry, Schweden. Winterwind, Skelleftea, Schweden. 2017.
- /15/ 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.
- /16/ 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.
- /17/ COST-727. Atmospheric Icing on Structures. Measurements and data collection on icing: State of the Art Publication of MeteoSwiss, 75, 110 pp. Zürich. 2006.
- /18/ BImSchG. Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge. Deutschland. Fassung vom 03.07.2024.

- /19/ Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung des Landes Nordrhein-Westfalen. Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen NRW (VV TB NRW). Ausgabe Oktober 2023.
- /20/ ArbSchG. Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz - ArbSchG). Deutschland. Fassung vom 31.05.2023.
- /21/ IEA Wind TCP Task 19. International Recommendations for Ice Fall and Ice Throw Risk Assessments. Revision 1, April 2022.
- /22/ IEC TS 61400-31. Wind energy generation systems – Part 31: Siting risk assessment. November 2023.