
**Errichtung und Betrieb von
4 Windenergieanlagen
des Typs Nordex N163
im Windpark Kladrup in der Gemeinde Zölkow
Landkreis Ludwigslust Parchim**

**Standortspezifische Gefährdungsbetrachtung
Eisfall- und Eisabwurf sowie Bauteilversagen**

Antragsteller:



naturwind schwerin gmbh

Schelfstraße 35

19055 Schwerin

Inhaltsverzeichnis

1. Anlass.....	2
2. Grundlagen der Risikobewertung.....	2
3. Gefährdung durch Eiswurf und Eisfall.....	4
3.1. Vereisung.....	4
3.2. Regelungen	4
3.3. Einstufung Risikobewertung	5
3.3.1. Risikobewertung Eisfall	5
3.3.2. Standortspezifische Betrachtung.....	8
4. Gefährdung durch Bauteilversagen	9
4.1. Eintrittswahrscheinlichkeit für Bauteilversagen	9
4.2. Regelungen	10
4.3. Einstufung Risikobewertung	10
4.4. Vorgehensweise Beurteilung der Gefährdung durch Bauteilversagen	10
4.4.1. Abwurf von Rotorblättern bzw. Rotorblatt-Teilen.....	10
4.4.2. Turmversagen.....	10
4.4.3. Gondelabwurf	11
4.5. Bestimmung der Gefährdungswahrscheinlichkeit an Schutzobjekten	11
4.6. Bestimmung des kumulierenden Risikos	11
4.7. Standortspezifische Zusammenfassung	12
5. Zusammenfassung.....	13
6. Anhänge	13
7. Literatur- und Quellenverzeichnis	14

1. Anlass

Im Zuge des Genehmigungsverfahrens für Windenergieanlagen muss nachgewiesen werden, dass sich Windenergieanlagen wegen der Eisfall- und Eisabwurfgefahr als auch der Gefahr des Bauteilversagens in einem sicheren Abstand von Bereichen der allgemeinen Öffentlichkeit, Straßen und Gebäuden befinden. Mit der standortspezifischen Risikobetrachtung zur Gefährdung von Objekten im näheren Umfeld wird die Wahrscheinlichkeit ermittelt, mit der eine Gefährdung durch Eiswurf bzw. Eisfall sowie Bauteilversagen (Rotorblattbruch, Turmversagen und herabfallen der Gondel bzw. des Rotors) eintritt und diese mit zulässigen Grenzwerten verglichen.

2. Grundlagen der Risikobewertung

Die International Energy Agency (IEA) hat auf internationaler Ebene Empfehlungen für die Risikobewertung von Eisfall und Eiswurf erarbeitet (IEA /3/). Als Grenzwerte zur Risikobewertung für die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Bauteilversagens werden die gleichen Grenzwerte zugrunde gelegt.

Gemäß IEA /3/ ist in Abhängigkeit vom Schutzgut das individuelle oder das kollektive Risiko zugrunde zu legen. Dies erfolgt abhängig von der Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Personen. F2E /3/ verwendet in Anlehnung an die IEA /3/ folgende Aufteilung:

- Individuelles Risiko:
 - Land- und forstwirtschaftlich genutzte Wege, Wanderwege, Fahrradwege und Straßen mit geringer Verkehrsdichte
 - Objekte wie Scheunen, Hütten etc., die regelmäßig durch den Besitzer oder durch einen kleinen Personenkreis genutzt werden.
- Kollektives Risiko:
 - Stark genutzte Gemeindestraßen, Kreisstraßen, Landesstraßen, Bundesstraßen und Autobahnen
 - Objekte, die von generellem Interesse für die Öffentlichkeit sind und entsprechend durch eine größere Personengruppe genutzt werden (öffentliche Parkplätze, Industrieanlagen etc.)

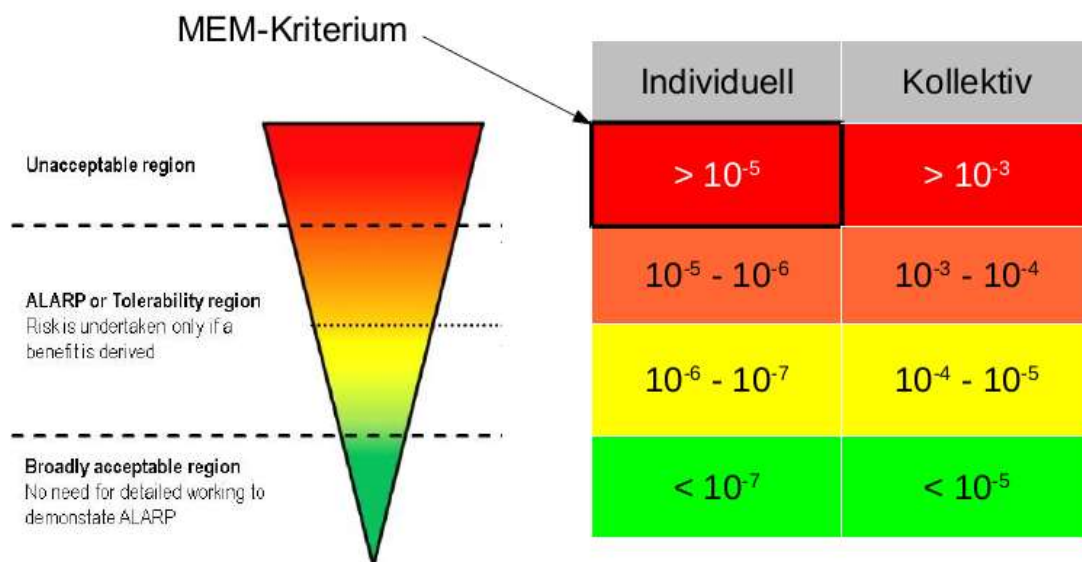


Abbildung 1 Risikobewertung: Grenzwerte nach IEA /2/

Bereich		Individuell	Kollektiv
Roter Bereich	Risiko inakzeptabel - Maßnahmen sind einzuleiten	$>10^{-5}$ MEM-Kriterium	$>10^{-3}$
Oranger Bereich	Risiko akzeptabel - Maßnahmen sind in Betracht zu ziehen	$10^{-5} - 10^{-6}$	$10^{-3} - 10^{-4}$
Gelber Bereich	Risiko akzeptabel - Maßnahmen sind in der Regel nicht erforderlich	$10^{-6} - 10^{-7}$	$10^{-4} - 10^{-5}$
Grüner Bereich	Risiko uneingeschränkt akzeptabel	$<10^{-7}$	$<10^{-5}$

Tabelle 1 Risikobewertung: Grenzwerte nach IEA /2/

Nach F2E /2/ definiert die Obergrenze des sogenannten ALARP-Bereichs das MEM-Kriterium für das individuelle Risiko. Risiken die höher als das MEM-Kriterium liegen, sind als nicht akzeptabel anzusehen.

Zur Gefährdungsabschätzung wird als Grenzwert das MEM-Kriterium für das individuelle Risiko mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von bis zu $>10^{-5}$ bzw. für das kollektive Risiko von $>10^{-3}$ angesetzt.

3. Gefährdung durch Eiswurf und Eisfall

3.1. Vereisung

Vereisungen an Rotorblättern entstehen durch das Auftreffen kühler Wassertropfen oder durch Bildung von Reif. Je nach meteorologischen Bedingungen kann es zum Eisansatz am gesamten Rotorblatt, oder auch nur an Teilen, meist an den Blattspitzen, kommen. Die Eisbildung erfolgt weitestgehend an der Vorder- und /oder Hinterkante, als auch an der Rotorblattspitze, welche der höchsten Rotationsgeschwindigkeit ausgesetzt ist. In der Folge besteht eine Gefahr durch sich lösende oder brechende Eisstücke.

Die Vereisung tritt ein, wenn entweder unterkühlte Wassertropfen auf das Rotorblatt treffen oder die Oberflächentemperatur des Rotorblattes unterhalb des Reifepunktes liegt und Wasserdampf auf der Oberfläche sublimiert (F2E, 2018 /1/).

Im Temperaturbereich von ca. 0° bis -10°C bildet sich aus Wassertropfen beim Auftreffen auf das Rotorblatt Eis. Bis etwa -4°C kommt es aufgrund der verzögerten Eisbildung zu Klareisbildung. Bei niedrigeren Temperaturen bildet sich Raueis. Unterhalb von -10°C können sich größere Ablagerungen von Raureif bilden (F2E, 2018 /2/).

3.2. Regelungen

In Anlage 2.7/12 zur Richtlinie „Windenergieanlagen: Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“ von 2015 /4/ heißt es unter Abs. 2 „*Abstände zu Verkehrswegen und Gebäuden sind unbeschadet der Anforderungen aus anderen Rechtsbereichen wegen der Gefahr des Eisabwurfs einzuhalten, soweit eine Gefährdung der öffentlichen Sicherheit nicht auszuschließen ist. Abstände größer als $1,5 \times$ (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe) gelten im Allgemeinen in nicht besonders eisgefährdeten Regionen als ausreichend.*“

„*Werden diese Abstände unterschritten oder soll die WEA in einer eisgefährdeten Region gebaut werden, ist die WEA mit technischen Einrichtungen auszurüsten, durch die entweder die WEA bei Eisansatz stillgesetzt wird oder durch die der Eisansatz verhindert wird. ... Die Funktionssicherheit dieser Einrichtungen ist durch eine gutachterliche Stellungnahme nachzuweisen.*“ (Windenergiehandbuch 2017 /6/ S. 154).

„*Die o.g. Abstandsformel der für die Abschätzung der maximalen Eiswurfweite geht auf Erkenntnisse aus dem WECO-Forschungsprojekt zurück [Seifert /5/]. Dabei wurde eine theoretische Berechnungsmethode für die Eiswurfweite entwickelt und mit Angaben aus Betreiberbefragungen zu von ihnen beobachteten Eiswurfereignissen abgeglichen. Es gibt bisher nur wenige systematische empirische Felduntersuchungen zu Eiswurf von WEA. Ein Forschungsprojekt an einer WEA mit 50 m Nabenhöhe und 40 m Rotordurchmesser in den Schweizer Alpen [Cattin] ergab, dass das maximal ermittelte Gewicht eines einzelnen Eistückes zwar 1,8 kg betrug, knapp 50% der Stücke jedoch weniger als 50 g und etwa 80% weniger als 200 g wogen. 40 % der Eisstücke fanden sich im Bereich unterhalb des Rotors, die maximale Wurfweite betrug 92 m. Als wesentliche Einflussfaktoren erwiesen sich die Windrichtung und -geschwindigkeit im Zeitpunkt des Eisabwurfs. Die real beobachteten Entfernungen blieben damit deutlich unterhalb der theoretischen Annahme von Seifert (s.o) für Eiswurf bei Betrieb der WEA. Die Beobachtungen deckten sich eher mit der von **Seifert vorgeschlagenen Formel für Eisabfall von stillstehenden WEA: Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe \times (Gesamthöhe/15)** [Seifert] und der von Garrad Hassan vertretenen Ansicht, dass Eisstücke von stillstehenden WEA nur bei sehr großen Windgeschwindigkeiten weiter als 50 m getragen werden [Garrad Hassan 2007].*“ (Windenergiehandbuch 2017 /6/ S. 154).

Beim Einsatz der vorhandenen Systeme zur Eiserkennung ist nur mit Eisfall zu rechnen. Eisfall wird definiert als die Ablösung von Eisteilchen vom stillstehenden bzw. trudelnden Rotor oder von anderen WEA-Teilen sowie die Verbreitung der Eisteilchen infolge der auftretenden Winde. In solchen Fällen

schlägt (Seifert /5/) die Einhaltung eines Sicherheitsabstandes von **Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe \times (Gesamthöhe/15)** vor.

- **Eiswurf:** Ablösung von Eisstücken während des Betriebes
- **Eisfall:** Ablösung von der trudelnden / stillstehenden WEA

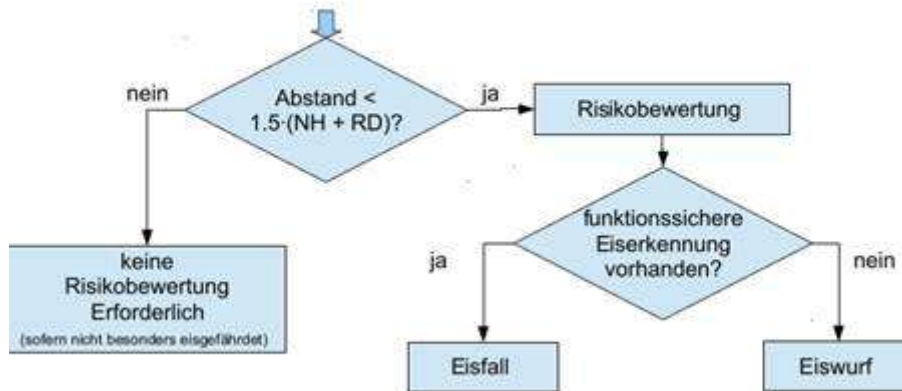


Abbildung 2 Entscheidungsbaum für die Bewertung des Risikos durch Eiswurf und Eisfall (F2E, 2018 /2/)

3.3. Einstufung Risikobewertung

Gemäß Abbildung 2 wird der Abstand nach $1,5 \times$ (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe) bestimmt und projektspezifisch untersucht, ob sich im Umkreis des Abstandes um jede WEA Schutzobjekte befinden.

Folgende Maßnahmen zur Risikominimierung werden festgelegt:

- an landwirtschaftlichen Wegen, meistens Zuwegungen zu den WEA, werden an den Schnittpunkten des o.g. Abstandskreises mit den Wegen Warnschilder angebracht, welche vor Eiswurf warnen und darauf hinweisen, dass das Betreten und der Aufenthalt im Windpark auf eigene Gefahr geschehen.
- Sind weitere Schutzobjekte (Straßen, öffentliche Plätze usw.) identifiziert, sind die WEA mit einer funktionierenden Eiserkennung auszustatten. Somit kann davon ausgegangen werden, dass der Betrieb bei potenziell gefährlichem Eisansatz ausgeschlossen werden kann und sich damit keine Gefährdung durch Eiswurf an diesen betrachteten WEA ergibt.

Anschließend erfolgt bei einer anzunehmenden stetigen Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Personen eine Risikobewertung des Eisfalls s. 3.3.1.

3.3.1. Risikobewertung Eisfall

Ist von einer stetigen Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Personen im Gefährdungsbereich auch im Winter auszugehen, erfolgt die Risikobewertung des Eisfalls für jede betroffene WEA und jedes Schutzobjekt.

Die Risikobewertung wird anhand der Bestimmung der Eintrittswahrscheinlichkeit aufgrund standortspezifischer Klima- und Winddaten sowie geplanter projektspezifischer Daten erstellt. Diese sind:

- Projektspezifisch:
 - WEA Typ mit Rotordurchmesser, Nabenhöhe in m über GOK, Abschaltgeschwindigkeit der WEA und Lage (Koordinaten)
 - Schutzobjekt/ -art, minimaler Abstand zur WEA
- Standortspezifisch:
 - Klimadaten: Vereisungstage am Standort (Abbildung)
 - Windverteilung (Weibullverteilung) auf Nabenhöhe am Standort

Die **Eintrittswahrscheinlichkeit eines Eisfallereignisses** an einem Schutzobjekt wird von folgenden Faktoren beeinflusst:

- Der Vereisungswahrscheinlichkeit
 - ist abhängig von den Wetterbedingungen, welche zur Vereisung führen, und gibt an, wie oft dies passiert – Datenbasis ist die Studie des DWD von 2013 /1/ siehe Abbildung 3
- Dem Windsektor mit der Eintrittswahrscheinlichkeit (Windhäufigkeit)
 - aus welcher der Wind wehen muss, damit ein Eisstück in Richtung Schutzobjekt fallen/getragen werden kann.
- Der Windgeschwindigkeitsverteilung (Weibull-Verteilung)
 - gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit (Häufigkeit) eine bestimmte Windgeschwindigkeit am Standort in Nabenhöhe auftritt.

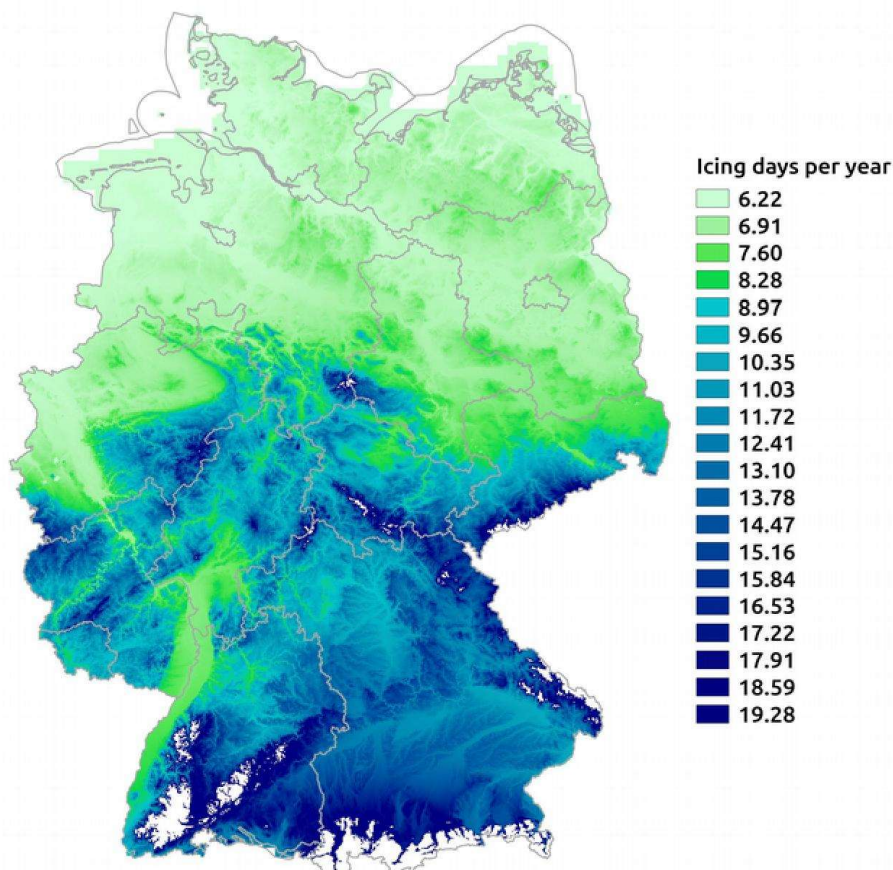


Abbildung 3 Vereisungstage pro Jahr nach Wichura /1/

Eine Gefährdung am Schutzobjekt tritt nur dann ein, wenn sich Personen auf diesen Flächen aufhalten, wie z.B. auf Parkplätzen, oder sich auf diesen bewegen, wie auf Straßen und Wegen. Die **Gefährdungswahrscheinlichkeit** von Personen, welche sich auf diesen Flächen befinden, ist von folgenden Parametern abhängig:

- Anzahl von Fahrzeugen (Verkehrsmenge) bzw. der sich aufhaltenden Personen
- Geschwindigkeit, mit der sich Personen oder Fahrzeuge bewegen
- Dauer des Aufenthalts in den gefährdeten Bereichen

Als weiteres Kriterium zur Einschätzung der Gefährdung des Schutzobjektes durch Eisfall wird der **notwendige Sicherheitsabstand zu Schutzobjekten** nach (Seifert /5/) bestimmt.

Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe x (Gesamthöhe/15)

nach (Seifert /5/)

Wird dieser Schutzabstand, welcher von der Windgeschwindigkeit abhängig ist, eingehalten, kann davon ausgegangen werden, dass keine Gefährdung durch Eisfall gegeben ist (Windenergiehandbuch /6/ S. 154).

Der Schutzabstand ist von der Windgeschwindigkeit abhängig. Er variiert je nach Windrichtung und Häufigkeit. Je größer die Windgeschwindigkeit ist, desto weiter wird ein Eisstück getragen und desto größer ist der notwendige Schutzabstand. Die Häufigkeit von großen Windgeschwindigkeiten ist relativ gering – siehe Weibull-Verteilung.

Die zusammenfassende Beurteilung berücksichtigt die **Eintrittswahrscheinlichkeit eines Eisfallereignisses**, die **Gefährdungswahrscheinlichkeit am Schutzobjekt** und den **notwendigen Sicherheitsabstand** nach Seifert /5/.

- Fall 1: Bleibt die Eintrittswahrscheinlichkeit bei allen Windgeschwindigkeiten unter der zulässigen Grenze, wird dies als akzeptables Risiko eingestuft. Somit ist von keiner Gefährdung des Schutzobjektes durch Eisfall auszugehen.
- Fall 2: Wird der Sicherheitsabstand zum Schutzobjekt bei allen Windgeschwindigkeiten eingehalten, ist von keiner Gefährdung des Schutzobjektes durch Eisfall auszugehen.
- Fall 3: Überschreitet die Eintrittswahrscheinlichkeit bei einer Windgeschwindigkeit die zulässige Grenze, wird dies als unakzeptables Risiko eingestuft. Wird der notwendige Sicherheitsabstand zum Schutzobjekt allerdings eingehalten, ist davon auszugehen, dass eine Gefährdung des Schutzobjektes durch Eisfall ausgeschlossen werden kann.
- Fall 4: Wird der Sicherheitsabstand zum Schutzobjekt bei einer Windgeschwindigkeit unterschritten, aber die Eintrittswahrscheinlichkeit als akzeptabel angesehen, ist von keiner Gefährdung des Schutzobjektes durch Eisfall auszugehen.
- Fall 5: Überschreitet die Eintrittswahrscheinlichkeit bei einer Windgeschwindigkeit die zulässige Grenze, wird dies als unakzeptables Risiko eingestuft. Wird gleichzeitig der notwendige Sicherheitsabstand zum Schutzobjekt nicht eingehalten ist davon auszugehen, dass eine Gefährdung des Schutzobjektes durch Eisfall nicht ausgeschlossen werden kann.

Kann bei allen Windgeschwindigkeiten, bei der die WEA betrieben wird, eine Gefährdung des Schutzobjektes durch Eisfall ausgeschlossen werden (Fall 1 bis 4), ist von keiner Gefährdung des Schutzobjektes durch die betrachtete WEA auszugehen.

Ist bei einer spezifischen Windgeschwindigkeit mit einer Gefährdung des Schutzobjektes durch Eisfall zu rechnen, sind weitere Untersuchungen bzw. Maßnahmen zur Risikominimierung zu ergreifen.

3.3.2. Standortspezifische Betrachtung

Als mögliches Schutzobjekt befindet sich lediglich ein Wirtschaftsweg im potenziellen Gefährdungsbereich für Eiswurf s. Abb. 4.

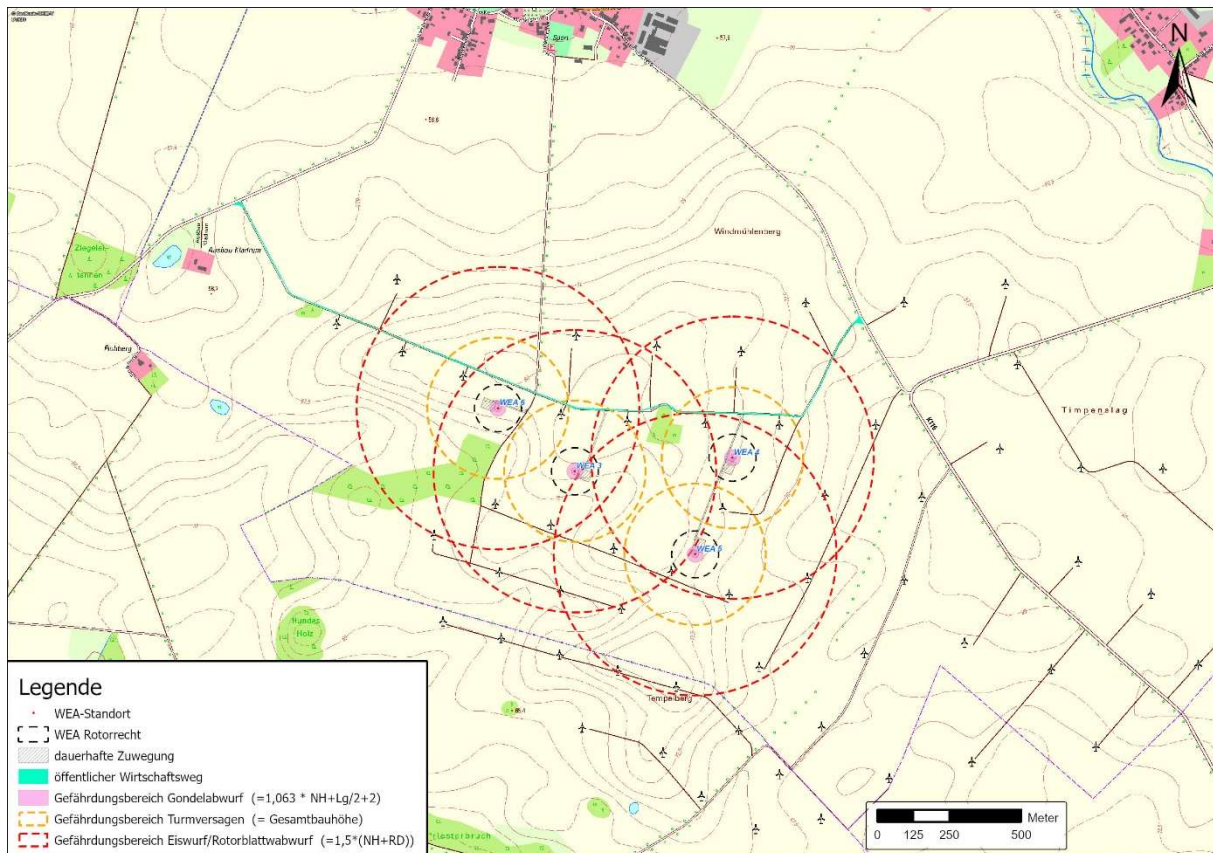


Abbildung 4 Übersicht

Eine Vor-Ort-Betrachtung ergab, dass dieser Weg lediglich für den landwirtschaftlichen Verkehr sowie gelegentlich von Servicefahrzeugen des Bestandwindparks Kladrum genutzt wird. Da eine regelmäßige Nutzung durch landwirtschaftliche Fahrzeuge in den Wintermonaten nicht gegeben ist (außerhalb des üblichen Bewirtschaftungszeitraums), ist eine ständige Gefährdung durch Eiswurf/Eisfall nicht anzunehmen. Es liegen bisher keine Daten vor, dass ein herabfallendes Eisstück von einem Rotorblatt auf ein fahrendes landwirtschaftliches Nutzfahrzeug einen Unfall mit Todesfolge verursacht hat.

Daher wird auf eine weitergehende Risikobetrachtung durch Eisfall für jede einzelne WEA verzichtet. Zur vorsorglichen Risikominimierung wird Folgendes vorgeschlagen.

- Einsatz einer funktionierenden Eiserkennung für die geplante WEA 3, 4 und 6
- Zudem ist das Anbringen von Warnschildern zur Warnung vor Eiswurf auf nicht öffentlichen landwirtschaftlichen Wegen und Wegen zu den Windenergieanlagen mit nachfolgender Aufschrift erforderlich:

„Vorsicht Eisabwurf – Aufenthalt im Windpark auf eigene Gefahr“ (siehe Abb. 5)

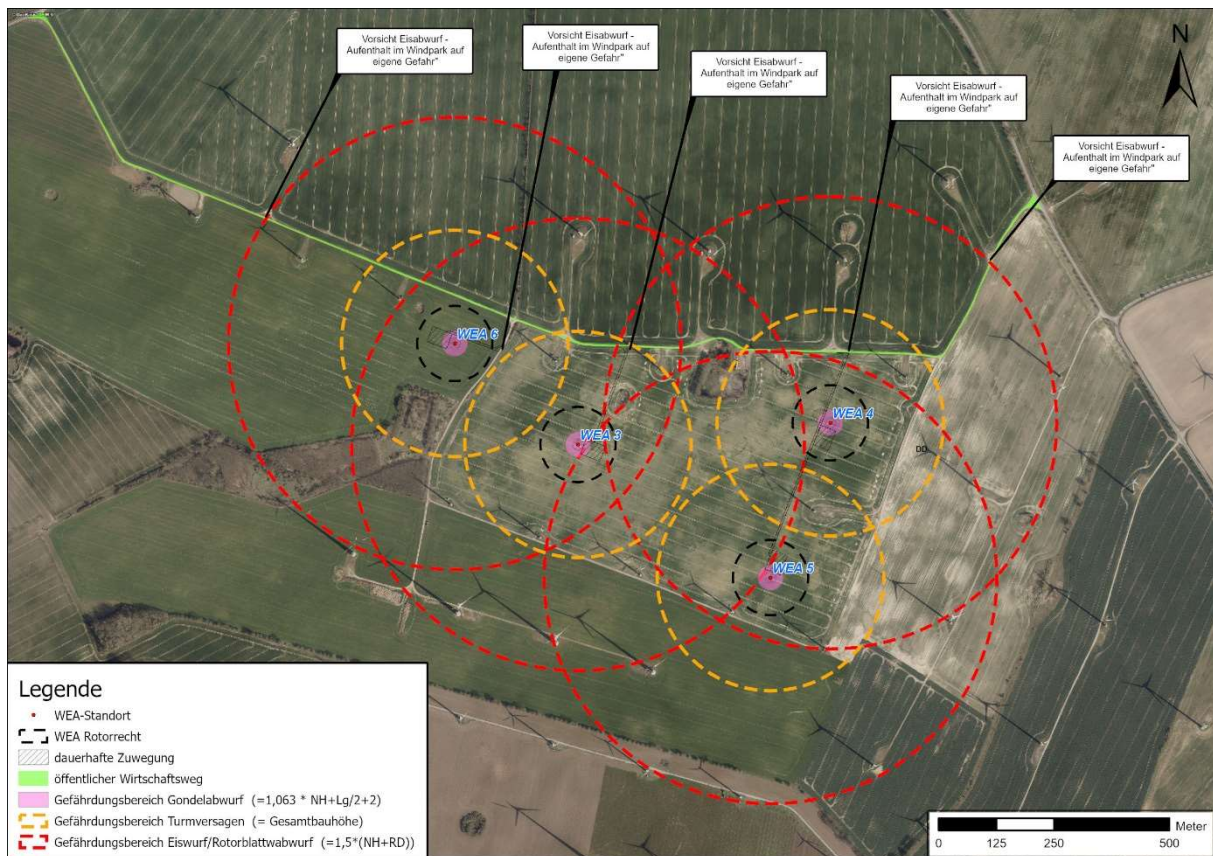


Abbildung 5 Übersicht

4. Gefährdung durch Bauteilversagen

4.1. Eintrittswahrscheinlichkeit für Bauteilversagen

Die Eintrittswahrscheinlichkeit für Bauteilversagen wird durch die Eintrittshäufigkeit für die typischen Schadensfälle Rotorblattbruch, Turmversagen, Verlust der Gondel bzw. des Rotors auf Basis bekannter Schadensereignisse eingeschätzt.

Nach [7] „**sind in Deutschland keine Personenschäden durch herabfallende Teile in Folge einer Havarie bekannt.** ... Die Eintrittshäufigkeit für ein Rotorblattbruch, Gondelabwurf oder ein Turmversagen ist in Deutschland gering. Dennoch kann es bei technischem oder menschlichem Versagen zu Fällen kommen, in denen ein oder mehrere Rotorblätter einer Windenergieanlage ganz oder in Stücken abbrechen. Ebenso kann es zu einem Versagen beziehungsweise Kippen des Turmes und zu einem Abwurf der Gondel (auch „Maschinenhaus“ genannt) kommen. Rotorblattbruch, Gondelabwurf und Turmversagen können vielfältige Ursachen haben, wie z.B. Vorschädigungen durch Transport oder Fertigung, Überlastung (unzulässige Drehzahl), Versagen des Bremssystems, Versagen der Sicherheitssysteme, Brand und Blitzschlag....

Die in den Modellen zur Risikoanalyse vom TÜV Nord angenommene, konservativ ermittelte Eintrittshäufigkeit für einen Bruch des gesamten Rotorblattes an der Nabe oder den Bruch an beliebiger Stelle liegt bei etwa 0,1 Prozent pro Jahr und Windenergieanlage. Für ein Turmversagen liegt die angenommene Ereignishäufigkeit bei etwa 0,01 Prozent pro Jahr und Windenergieanlage. In den Berechnungen vom TÜV NORD wird davon ausgegangen, dass nicht alle tatsächlichen Schäden dokumentiert werden.

Nach Recherchen der Hessen Energie sind zwischen 2010 und 2017 in Deutschland bei den im Mittel betriebenen etwa 25.000 Anlagen durchschnittlich 2,0 Rotorblattabrisse pro Jahr (0,008%) dokumentiert und 1,0 Fälle, in denen eine Windenergieanlage umfiel oder abbrach (0,004%)“

4.2. Regelungen

„Neben der Prüfung der Standorteignung muss im immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren gemäß § 5 Abs. 1 BImSchG geprüft werden, ob schädliche Umwelteinwirkungen oder sonstige Gefahren von einer Anlage ausgehen. Hierzu wird eine Risikobeurteilung durchgeführt, in die einbezogen wird, ob sich Verkehrswege, Siedlungen, Industriegebiete oder andere Infrastrukturen in der Nähe der geplanten Anlage befinden, für die eine potenzielle Gefährdung vorliegt. Die Risikobeurteilung für Rotorblattbruch oder Turmversagen setzt sich zusammen aus einer Risikoanalyse, in der standortspezifisch die Gefährdung durch die Windenergieanlage ermittelt wird, und aus einer Risikobewertung, in der die Gefährdung anhand von Bewertungsmaßstäben eingeordnet wird (siehe Tabelle 1). Wenn ein nicht akzeptables Risiko durch die Windenergieanlage festgestellt wird, müssen Maßnahmen zur Risikominderung, wie etwa verkürzte Prüfungsintervalle oder technische Maßnahmen umgesetzt werden.“ /7/

4.3. Einstufung Risikobewertung

Risikoanalyse	Risikobewertung
<ul style="list-style-type: none">• Ermittlung der standortspezifischen Gefährdung (z.B. Rotorblattbruch)	<ul style="list-style-type: none">• Bewertung der Ergebnisse aus der Risikoanalyse
<ul style="list-style-type: none">• Darstellung der Gefährdung (z.B. Gefährdungsbereiche Rotorblattbruch)	<ul style="list-style-type: none">• Bewertungsmaßstäbe<ul style="list-style-type: none">○ Wenn erforderlich Maßnahmen zur Risikominimierung
<ul style="list-style-type: none">• Ermittlung des Risikos (Kollektives Risiko, individuelles Risiko)	

Tabelle 2 Schematische Darstellung von Risikoanalyse und -bewertung von Rotorbruch, Gondelabwurf und Turmversagen im Zuge des Genehmigungsverfahrens / in Anlehnung an /7/

4.4. Vorgehensweise Beurteilung der Gefährdung durch Bauteilversagen

4.4.1. Abwurf von Rotorblättern bzw. Rotorblatt-Teilen

- Ermittlung der standortspezifischen Gefährdung (z.B. Rotorblattbruch)
 - Nach /7/ und /8/ beträgt die

Ereignishäufigkeit des Rotorblattabwurfes = 0,008% = 8×10^{-5} pro Jahr und WEA

(Mittel der Ereignisse von ca. 25.000 Windenergieanlagen (WEA) in Deutschland von 2010-2017. Durchschnittlich kam es zu 2 Rotorblattabrissen pro Jahr bezogen auf 25.000 WEA)

- Darstellung der Gefährdung (z.B. Gefährdungsbereiche Rotorblattbruch)
 - *"Erfahrungsgemäß ist mit einer Gefährdung durch Rotorblattbruch bis zu einer Entfernung von ca. 1,5x (Nabenhöhe + Durchmesser) zu rechnen, je nach Anlagentyp und standortspezifischen Bedingungen sind Wurfweiten von mehr als 300 m möglich."* /8/. S. 8 – dies entspricht dem Gefährdungsbereich für Eisabwurf nach /4/

4.4.2. Turmversagen

- Ermittlung der standortspezifischen Gefährdung (Turmversagen)
 - Nach /7/ beträgt die

Ereignishäufigkeit des Turmversagens = 0,004% = 4×10^{-5} pro Jahr und WEA

(Mittel der Ereignisse von ca. 25.000 Windenergieanlagen (WEA) in Deutschland von 2010-2017. Durchschnittlich kam es zu einem dokumentierten Fall pro Jahr, in dem eine WEA umfiel oder abbrach, bezogen auf 25.000 WEA)

- Darstellung der Gefährdung (z.B. Gefährdungsbereiche Rotorblattbruch)
 - Der Gefährdungsbereich durch Abbrechen oder Umkippen einer WEA entspricht dem Umkreis mit der Gesamtanlagenhöhe der WEA

4.4.3. Gondelabwurf

- Ermittlung der standortspezifischen Gefährdung (Gondelabwurf)
 - Nach /9/ beträgt die

Ereignishäufigkeit des Gondelabwurfes von 5 Ereignissen in 12 Jahren. Das entspricht ca. einem Ereignis in 2 Jahren, also 0,5 Ereignissen in einem Jahr = 0,002% = 2×10^{-5}

- Darstellung der Gefährdung (Gefährdungsbereich Gondelabwurf)
 - Der Gefährdungsbereich infolge eines Gondelabwurfes nach /8/ ergibt sich nach dem Aufprallbereich der Gondel um den WEA-Mittelpunkt, dieser wird bestimmt nach

$$a_G = 0,1063 \times N_H + L_G / 2 + 2,0$$

N_H – Nabenhöhe [m]

L_G - Maximalwert der Hauptabmessung der Gondel einschließlich Rotornabe, jedoch ohne Rotorblatt [m]

4.5. Bestimmung der Gefährdungswahrscheinlichkeit an Schutzobjekten

Eine Gefährdung am Schutzobjekt tritt nur dann ein, wenn sich Personen auf diesen Flächen aufhalten, wie z.B. auf Parkplätzen, oder sich auf diesen bewegen, wie auf Straßen und Wegen. Die **Gefährdungswahrscheinlichkeit** von Personen, welche sich auf diesen Flächen befinden, ist von folgenden Parametern abhängig:

- Anzahl von Fahrzeugen (Verkehrsmenge) bzw. der sich aufhaltenden Personen
- Geschwindigkeit, mit der sich Personen oder Fahrzeuge bewegen
- Dauer des Aufenthalts in den gefährdeten Bereichen
- Wird der Sicherheitsabstand zum Schutzobjekt nicht eingehalten, ist davon auszugehen, dass eine Gefährdung des Schutzobjektes nicht ausgeschlossen werden kann.

Die Bestimmung erfolgt analog der Gefährdung durch Eisfall. Wie bereits unter 4.1 erwähnt, sind in Deutschland bisher keine Unfälle mit Personenschäden durch Rotorblattabbruch, Gondelabwurf oder Turmversagen bekannt.

4.6. Bestimmung des kumulierenden Risikos

Überlappen sich die standortspezifischen Gefährdungsbereiche für Eisfall, Abwurf von Rotorblättern bzw. Rotorblattteilen, der Gondel und für ein Turmversagen an einem identifizierten Schutzobjekt, so sind diese zur Bestimmung eines kumulierenden Risikos zu addieren.

Standortspezifische Gefährdungsbereiche	Gefährdungsbereich (Maß Radius um WEA-Mittelpunkt)
Eisfall	1,5x (Nabenhöhe+Durchmesser)
Abwurf von Rotorblättern bzw. Rotorblattteilen	1,5x (Nabenhöhe+Durchmesser) – wie Eisfall
Turmversagen	Gesamtanlagenhöhe
Aufprallbereich - Gondelabwurf	$0,1063 \times N_H + L_G / 2 + 2,0$ (siehe Kap. 4.4.3)

Tabelle 3 Gefährdungsbereiche - Übersicht

Zur Beurteilung des kumulierenden Risikos an einem Schutzobjekt, welches in mehreren Gefährdungsbereichen einer einzelnen WEA bzw. von mehreren WEA liegen, werden die ermittelten Gefährdungswahrscheinlichkeiten zu einer kumulierenden Gesamtgefährdung addiert und mit dem zulässigen Risiko für das Schutzobjekt (siehe Kap. 2) verglichen.

4.7. Standortspezifische Zusammenfassung

Gültig für WEA:	geplante WEA 3-6	Bereits beantragte WEA 2	Bestands-WEA 1-3
Anlagentyp:	Nordex N 163	Nordex N 149	Eno 92
Nennleistung [MW]:	5,7	5,7	2,2
Rotordurchmesser [m]:	163	149,1	92,8
Nabenhöhe [m]:	164	125,4	103
Gondellänge einschließlich Rotornabe [m]:	17,3	17,3	k.A.

Tabelle 4 projektspezifische WEA – Anlagendaten

Standortspezifische Gefährdungsbereiche	geplante WEA 3-6	WEA 2	Bestands-WEA 1
Eisfall ($=1,5x \text{ (Nabenhöhe+Durchmesser)}$)	490,5 m	411,75 m	293,7 m
Rotorblattbruch (wie Eisfall)	490,5 m	411,75 m	293,7 m
Turmversagen (=Gesamtanlagenhöhe)	245,5 m	199,95 m	149,4 m
Aufprallbereich Gondel ($=0,1063 \times N_H + L_G / 2 + 2,0$ siehe Kap. 3.3)	28,08 m	23,98 m	k.A.

Tabelle 5 projektspezifische Gefährdungsbereiche

Für die standortspezifische Betrachtung wurden 2 Standorte ausgewählt (s. Abb. 6 und Tab. 6), an denen es zur Überlagerung von Gefährdungsbereichen durch mehrere WEA kommt. Die Berechnung ist dem Anhang zu entnehmen.

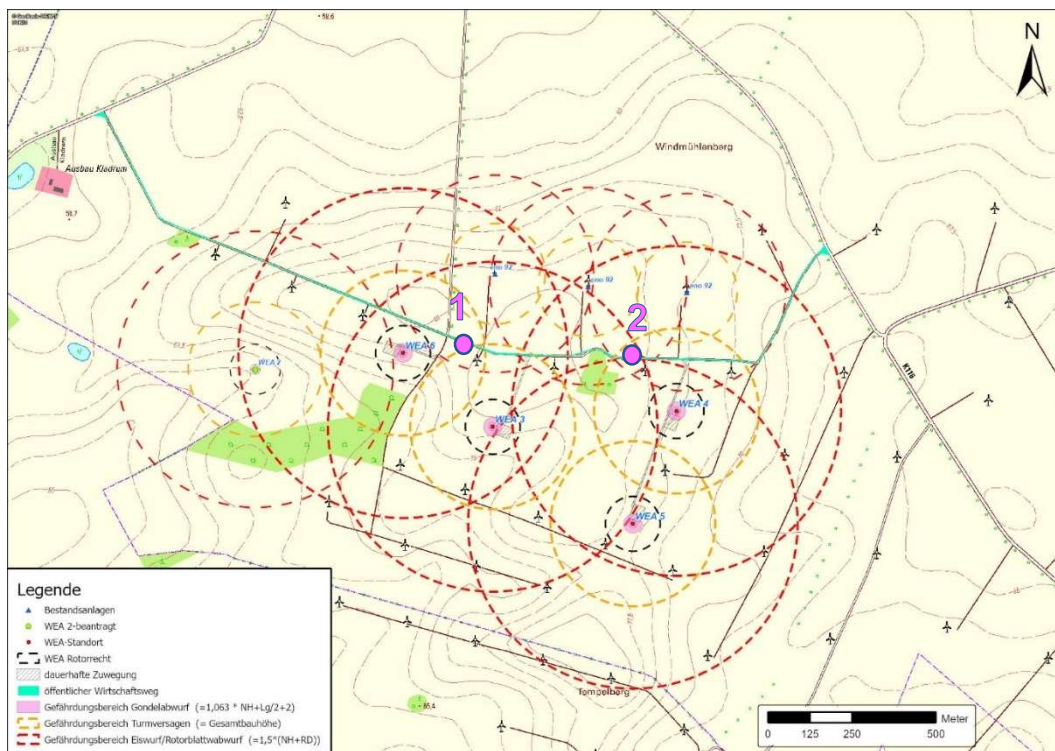


Abbildung 6 Übersicht überlagernde Gefährdungsbereiche

Standort	WEA	Einsatz Eis-Erkennungssystem notwendig	Eisfall und Rotorblatt abwurf	Turmver-sagen	Gondel-abwurf	Gesamtgefährdung	
1	WEA 3	ja	ja	ja	nein	1,73E-09	akzeptabel
	WEA 6	ja	ja	ja	nein		
	Bestands-WEA 1:	k.A.	ja	nein	nein		
2	WEA 3	ja	ja	nein	nein	2,04E-09	akzeptabel
	WEA 4	ja	ja	ja	nein		
	Bestands-WEA 2:	k.A.	ja	nein	nein		
	Bestands-WEA 3:	k.A.	ja	nein	nein		

Tabelle 6 Zusammenfassende Ergebnisse der kumulierenden Gefährdungsbetrachtungen für den Wirtschaftsweg

5. Zusammenfassung

Im Ergebnis lässt sich feststellen, dass von den geplanten WEA Standorten keine erhöhte Gefährdung für Personen ausgeht und das Risiko akzeptabel ist. Zur Risikominimierung durch Eisfall wird Folgendes vorgeschlagen:

- Einsatz einer Eiserkennung für die WEA 3, WEA 4 sowie WEA 6
- Ausrichtung des stillstehenden Rotors von der WEA parallel zur Straße bzw. des Weges
- Anbringen von Warnschildern zur Warnung vor Eiswurf auf nicht öffentlichen landwirtschaftlichen Wegen und Wegen zu den Windenergieanlagen mit nachfolgender Aufschrift: „Vorsicht Eisabwurf – Aufenthalt im Windpark auf eigene Gefahr“

6. Anhänge

Anhang-Nr.	WEA	Schutzobjekt
1	WEA 3	Wirtschaftsweg im Windparkgebiet
2	WEA 4	Wirtschaftsweg im Windparkgebiet
3	WEA 5	Wirtschaftsweg im Windparkgebiet
4	WEA 6	Wirtschaftsweg im Windparkgebiet
5	WEA 2 beantragt	Wirtschaftsweg im Windparkgebiet
6	Bestands WEA 1	Wirtschaftsweg im Windparkgebiet
7	Bestands WEA 2	Wirtschaftsweg im Windparkgebiet
8	Bestands WEA 3	Wirtschaftsweg im Windparkgebiet
9	Kumulative Betrachtung Standort 1	
10	Kumulative Betrachtung Standort 2	

Schwerin, den 03.09.2021

Erstellt durch die naturwind schwerin GmbH

Dipl.-Ing. Anke Stuhr

pdf ohne Unterschrift gültig

naturwind schwerin GmbH . Schelfstraße 35 . 19055 Schwerin . Tel +49 (0)385 77 88 37-0 . Fax +49 (0)385 77 88 37-29
Geschäftsführer Bernd Friedrich Jeske . Sitz der Gesellschaft Schwerin . Amtsgericht Schwerin HRB 8446 . St.-Nr. 090/115/04024
HypoVereinsbank DE03 2003 0000 0024 7881 27 . HYVEDEMM300 . info@naturwind.de . www.naturwind.de

7. Literatur- und Quellenverzeichnis

- /1/ Wichura, B., The Spatial Distribution of Icing in Germany Estimated by the Analysis of Weather Station Data and of Direct Measurements of Icing, Proceedings of the 15th International Workshop On Atmospheric Icing Of Structures (IWAIS 2013). Compusult Ltd., St. John's, Newfoundland and Labrador, September 8-11, 2013, pp. 303-309.
- /2/ F2E, "Eiswurf und Eisabfall - Risikobewertung bei der Standortplanung", 27. Windenergietage in Linstow, 06-08.11.2018
- /3/ International Energy Agency (IEA), International Recommendations for Ice Fall and Ice Throw Risk Assessments, IES Wind TCP Task 19, Oktober 2018
- /4/ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, "Technisches Regelwerk - Wasserstraßen"(TR-W) einschließlich „Wasserstraßenspezifische Liste Technischer Baubestimmungen“ (WLTB) – Ausgabe 07/2015 - Anlage 2.7/12 Zur Richtlinie "Windenergieanlagen; Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung", Abs. 2
- /5/ Seifert, Henry Risikoabschätzung des Eisabwurfs von Windenergieanlagen, Vortrag, Eis & Fels 07Andermatt / Schweiz 21. & 22. Juni 2007
- /6/ Agatz, Monika, Windenergiehandbuch, 14. Ausgabe, 12/2017
- /7/ Landesenergieagentur Hessen, 2018, Faktenpapier: Sicherheit von Windenergieanlagen - Bürgerforum Energieland Hessen
- /8/ TÜV Nord, Dr. Monika Polster, Standsicherheit, Rotorblattbruch und Turmversagen, Giesen 06.06.2018
- /9/ Übersicht Unfallereignisse an Windkraftanlagen / Windparks (17.10.2017)
http://www.keinwindkraftimmerthal.de/images/Windkraft/Unfallliste_WKA_2017_10_14.pdf
- /10/ Veenker, Gutachten zur Gefährdung der Gasleitung in der Nähe von Windkraftanlagen durch Gondelabwurf (2004)
- /11/ Veenker, Gutachten – Windenergieanlagen in der Nähe von Schutzobjekten - Bestimmung von Schutzabständen, Rev. 07 vom 11.12.2014

Projekt:

Antragsteller:

Adresse:

Bearbeitungsdatum:

Kladrum-Mitte

naturwind schwerin gmbh

Schelfstraße 35, 19055 Schwerin

06.09.2021

Antrag:

4 WEA N 163

Untersuchung zur geplante WEA:

Anlagentyp:

Nennleistung:

Rotordurchmesser:

Nabenhöhe (incl. Fundamenterhöhung):

Betrieb bis max. Windgeschwindigkeit:

3

N163

5,7 MW

163,00 m

164 m

25 m/s

Schutzobjekt-Nr.:

Schutzobjekt:

minimaler Abstand der geplanten WEA zum Schutzobjekt:

Risikobewertung nach:

1-Kollektives Risiko

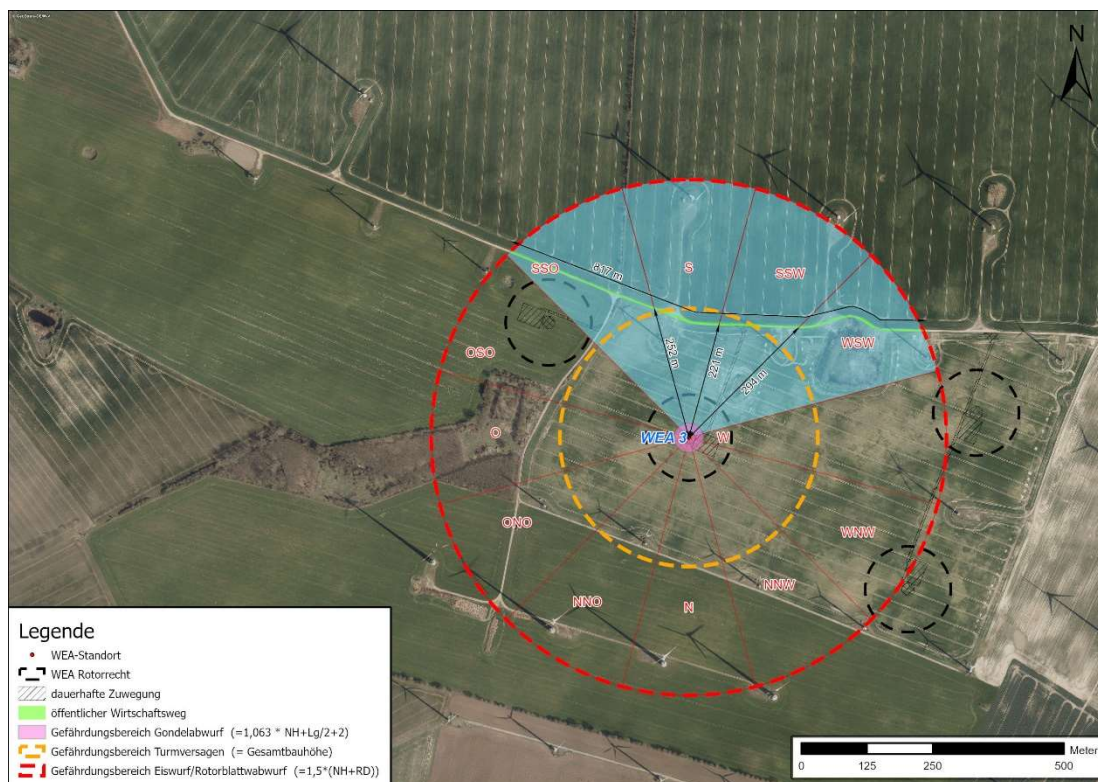
2-individuelles Risiko

1

Wirtschaftsweg

221 m

2



Eiswurf:

Nach /4/ sind "Abstände größer als $1,5 \times$ (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe) gelten im Allgemeinen in nicht besonders eisgefährdeten Regionen als ausreichend. "

Es ergibt sich folgender Abstand
von den geplanten WEA

zu Schutzobjekten für das Projekt:	Kladrup-Mitte
Rotordurchmesser geplante WEA:	163,00 m
Nabenhöhe (incl. Fundamenterhöhung)	164,00 m
Abstand:	490,5 m

Abstand Schutzobjekt: 221 m

Maßnahmen zur Eiserkennung sind notwendig.

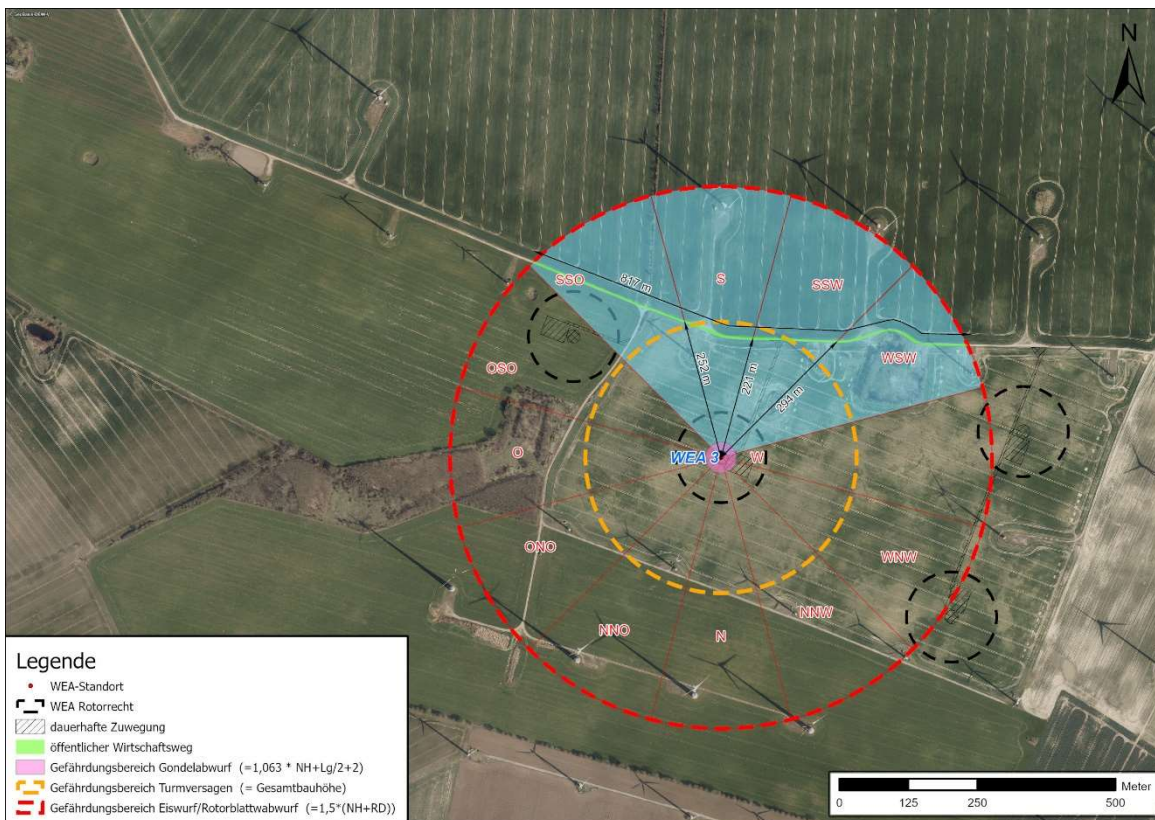
Maßnahmen: Die WEA wird mit einer funktionssicheren Eiserkennung ausgestattet.

Auf Grund des Einsatzes von vorhandenen Systemen zur Eiserkennung im Bedarfsfall kann im Folgenden davon ausgegangen werden, dass der Betrieb bei potentiell gefährlichem Eisansatz ausgeschlossen werden kann. Damit ergibt sich keine Gefährdung durch Eiswurf von der betrachteten WEA.

/4/ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur,
"Technisches Regelwerk - Wasserstraßen"(TR-W) einschließlich „Wasserstraßenspezifische Liste Technischer Baubestimmungen“ (WLTB) – Ausgabe 07/2015 - Anlage 2.7/12
Zur Richtlinie "Windenergieanlagen; Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung" , Abs. 2

Gefährdungswahrscheinlichkeit

Art	Straße /Weg	
Kategorie	Wirtschaftsweg	Messtelle
Anzahl der Fahrzeuge pro Tag	30	geschätzt
Durchschnittsgeschwindigkeit	km/h	30
Strecke im Gefahrenbereich der betrachteten WEA	m	817
Auslastung	100%	
Anzahl der Personen pro Fahrzeug	1,5	nach /7/
Aufenthaltswahrscheinlichkeit	1,40E-04	
Fläche Schutzobjekt im Gefahrenbereich	m ²	3.268
Länge des Schutzobjektes (Weg, Straße)	m	817
Abstand der Fahrzeuge (durchschnittlich)	m	30
Fahrspuren (Autobahn 4 oder mehr Fahrspuren)		1
max. Anzahl der Fahrzeuge im Gefahrenbereich		27
max. Anzahl der Personen im Gefahrenbereich		41
Trefferfläche (5m ² Pro Auto, 0,5m ² pro Person)	m ²	5
Gesamttrefferfläche (absolut)	m ²	135
Trefferwahrscheinlichkeit	4,13E-02	
Gefährdungswahrscheinlichkeit	5,78E-06	



/7/ Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Mobilität in Deutschland 2008, Ergebnisbericht Struktur – Aufkommen – Emissionen – Trends, Bonn und Berlin, Februar 2010

Projekt:

Antragsteller:
 Adresse:
 Bearbeitungsdatum:

Kladrum-Mitte

naturwind schwerin gmbh
 Schelfstraße 35, 19055 Schwerin
 06.09.2021

Antrag:

4 WEA N 163

Untersuchung zur geplante WEA:

Anlagentyp:
 Nennleistung:
 Rotordurchmesser:
 Nabenhöhe (incl. Fundamenterhöhung):
 Betrieb bis max. Windgeschwindigkeit:

4
 N163
 5,7 MW
 163,00 m
 164 m
 25 m/s

Schutzobjekt-Nr.:

2

Schutzobjekt:

Wirtschaftsweg

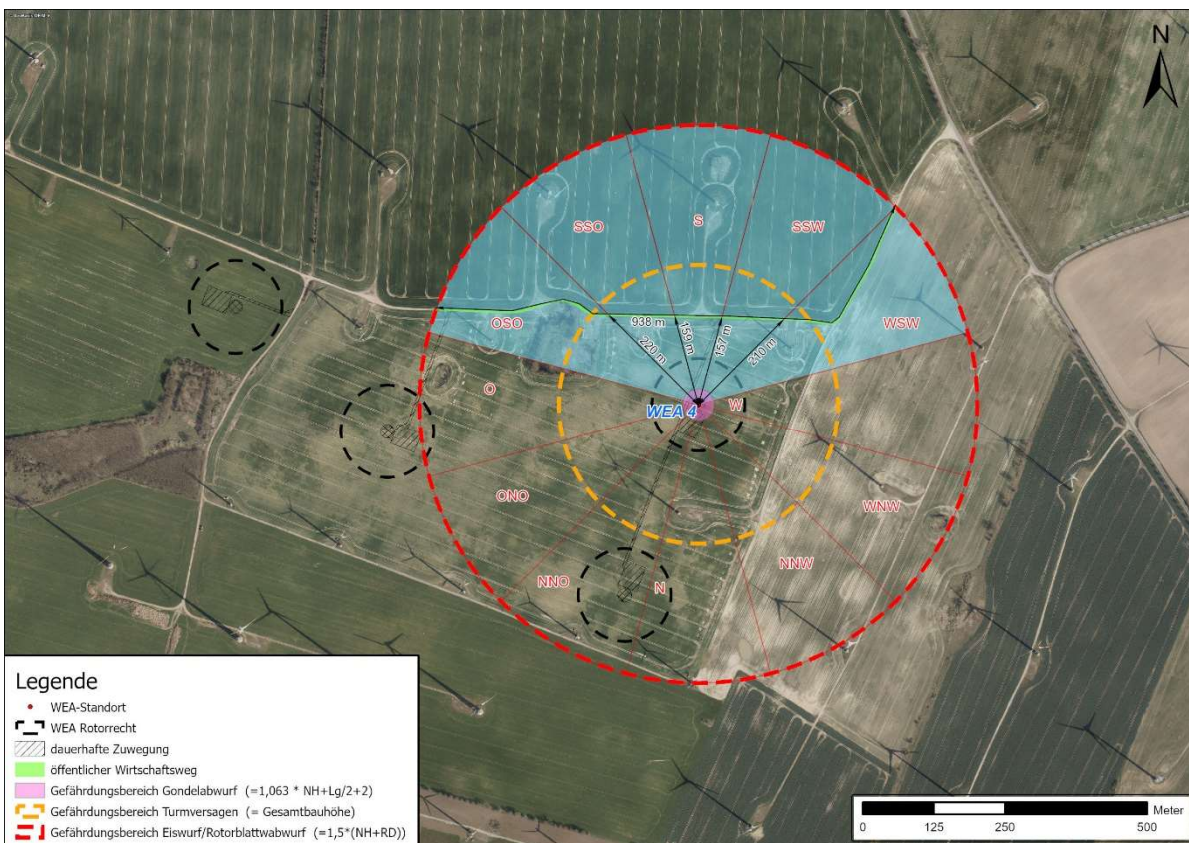
minimaler Abstand der geplanten
 WEA zum Schutzobjekt:

157 m

Risikobewertung nach:

- 1-Kollektives Risiko
- 2-individuelles Risiko

2



Eiswurf:

Nach /4/ sind "Abstände größer als $1,5 \times$ (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe) gelten im Allgemeinen in nicht besonders eisgefährdeten Regionen als ausreichend. "

Es ergibt sich folgender Abstand
von den geplanten WEA

zu Schutzobjekten für das Projekt:	Kladrup-Mitte
Rotordurchmesser geplante WEA:	163,00 m
Nabenhöhe (incl. Fundamenterhöhung)	164,00 m
Abstand:	490,5 m

Abstand Schutzobjekt: 157 m

Maßnahmen zur Eiserkennung sind notwendig.

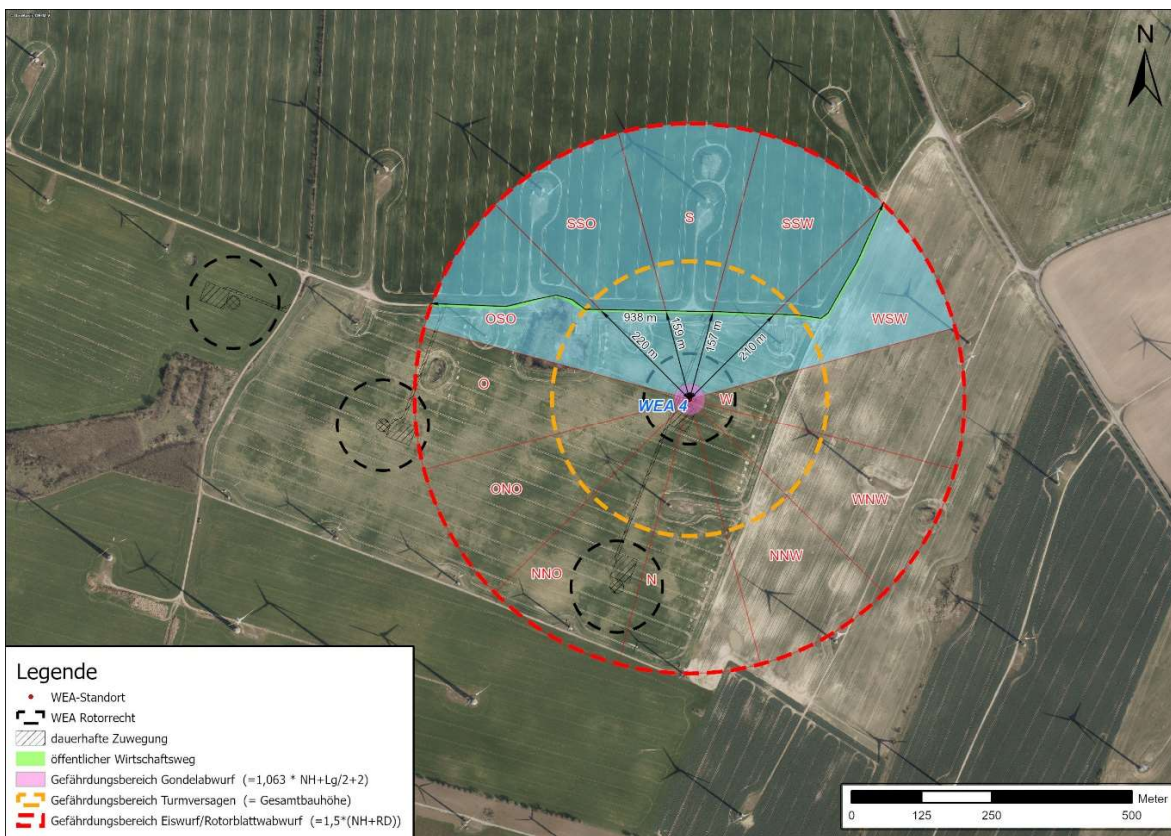
Maßnahmen: Die WEA wird mit einer funktionssicheren Eiserkennung ausgestattet.

Auf Grund des Einsatzes von vorhandenen Systemen zur Eiserkennung im Bedarfsfall kann im Folgenden davon ausgegangen werden, dass der Betrieb bei potentiell gefährlichem Eisansatz ausgeschlossen werden kann. Damit ergibt sich keine Gefährdung durch Eiswurf von der betrachteten WEA.

/4/ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur,
"Technisches Regelwerk - Wasserstraßen"(TR-W) einschließlich „Wasserstraßenspezifische Liste Technischer Baubestimmungen“ (WLTB) – Ausgabe 07/2015 - Anlage 2.7/12
Zur Richtlinie "Windenergieanlagen; Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung" , Abs. 2

Gefährdungswahrscheinlichkeit

Art	Straße /Weg	
Kategorie	Wirtschaftsweg	Messtelle
Anzahl der Fahrzeuge pro Tag	30	geschätzt
Durchschnittsgeschwindigkeit	km/h	30
Strecke im Gefahrenbereich der betrachteten WEA	m	938
Auslastung	100%	
Anzahl der Personen pro Fahrzeug	1,5	nach /7/
Aufenthaltswahrscheinlichkeit	1,61E-04	
Fläche Schutzobjekt im Gefahrenbereich	m ²	3.752
Länge des Schutzobjektes (Weg, Straße)	m	938
Abstand der Fahrzeuge (durchschnittlich)	m	30
Fahrspuren (Autobahn 4 oder mehr Fahrspuren)		1
max. Anzahl der Fahrzeuge im Gefahrenbereich		31
max. Anzahl der Personen im Gefahrenbereich		47
Trefferfläche (5m ² Pro Auto, 0,5m ² pro Person)	m ²	5
Gesamttrefferfläche (absolut)	m ²	155
Trefferwahrscheinlichkeit	4,13E-02	
Gefährdungswahrscheinlichkeit	6,64E-06	



/7/ Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Mobilität in Deutschland 2008, Ergebnisbericht Struktur – Aufkommen – Emissionen – Trends, Bonn und Berlin, Februar 2010

Projekt:

Antragsteller:

Adresse:

Bearbeitungsdatum:

Kladrum-Mitte

naturwind schwerin gmbh

Schelfstraße 35, 19055 Schwerin

06.09.2021

Antrag:

4 WEA N 163

Untersuchung zur geplanten WEA:

Anlagentyp:

Nennleistung:

Rotordurchmesser:

Nabenhöhe (incl. Fundamenterhöhung):

Betrieb bis max. Windgeschwindigkeit:

5

N163

5,7

MW

163,00

m

164

m

25

m/s

Schutzobjekt-Nr.:

Schutzobjekt:

minimaler Abstand der geplanten WEA zum Schutzobjekt:

Risikobewertung nach:

1-Kollektives Risiko

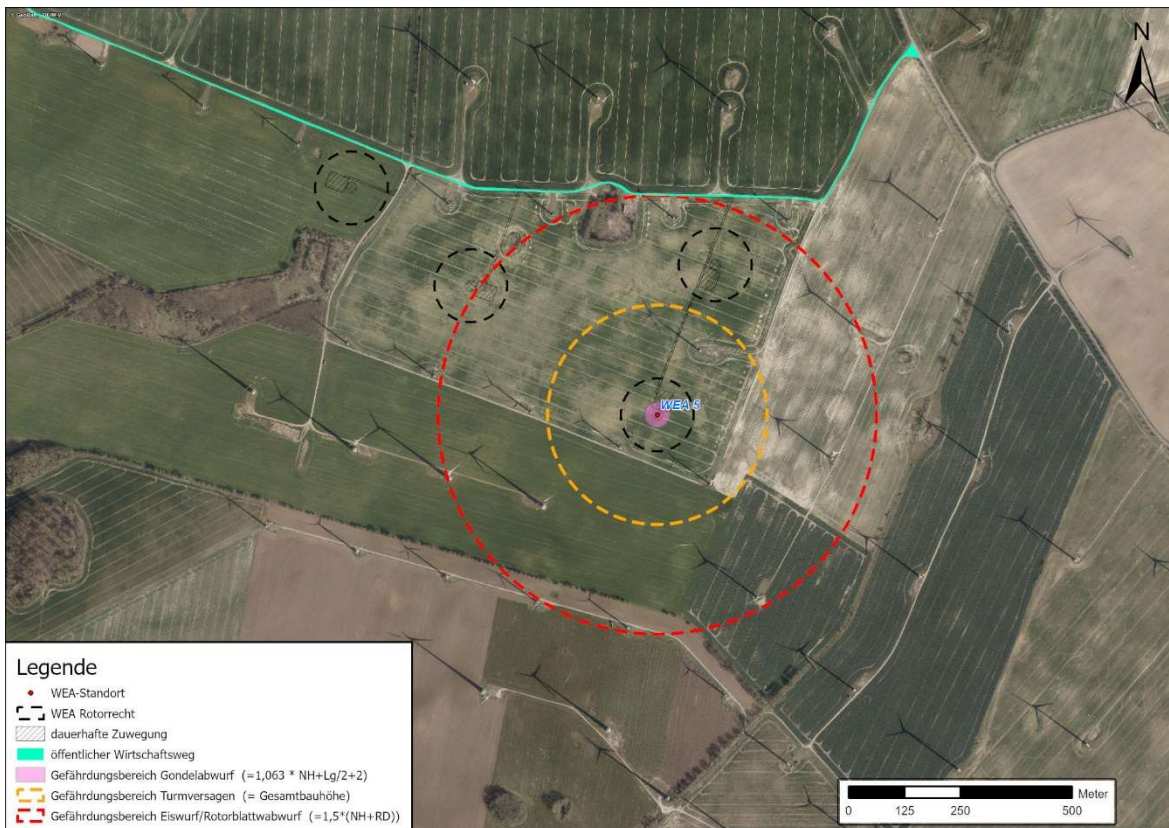
2-individuelles Risiko

3

Wirtschaftsweg

491 m

2



Eiswurf:

Nach /4/ sind "Abstände größer als $1,5 \times$ (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe) gelten im Allgemeinen in nicht besonders eisgefährdeten Regionen als ausreichend. "

Es ergibt sich folgender Abstand
von den geplanten WEA

zu Schutzobjekten für das Projekt:	Kladrup-Mitte
Rotordurchmesser geplante WEA:	163,00 m
Nabenhöhe (incl. Fundamenterhöhung)	164,00 m
Abstand:	490,5 m

Abstand Schutzobjekt: 491 m

Keine Maßnahmen notwendig.

/4/ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur,
"Technisches Regelwerk - Wasserstraßen"(TR-W) einschließlich „Wasserstraßenspezifische Liste Technischer
Baubestimmungen“ (WLTB) – Ausgabe 07/2015 - Anlage 2.7/12
Zur Richtlinie "Windenergieanlagen; Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung" , Abs. 2

Projekt:

Antragsteller:
 Adresse:
 Bearbeitungsdatum:

Kladrum-Mitte

naturwind schwerin gmbh
 Schelfstraße 35, 19055 Schwerin
 06.09.2021

Antrag:

4 WEA N 163

Untersuchung zur geplanten WEA:

Anlagentyp:
 Nennleistung:
 Rotordurchmesser:
 Nabhöhe (incl. Fundamenterhöhung):
 Betrieb bis max. Windgeschwindigkeit:

6
 N163
 5,7 MW
 163,00 m
 164 m
 25 m/s

Schutzobjkt-Nr.:

4

Schutzobjekt:

Wirtschaftsweg

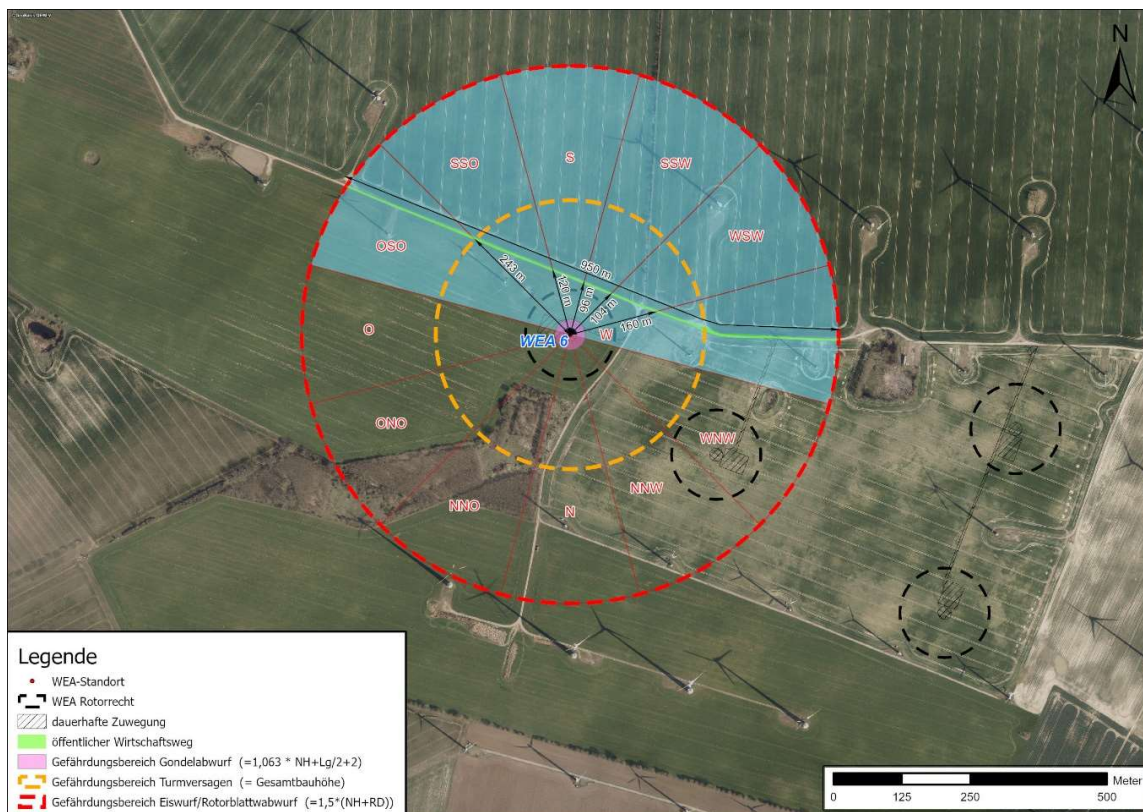
minimaler Abstand der geplanten WEA zum Schutzobjekt:

96 m

Risikobewertung nach:

- 1-Kollektives Risiko
- 2-individuelles Risiko

2



Eiswurf:

Nach /4/ sind "Abstände größer als $1,5 \times$ (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe) gelten im Allgemeinen in nicht besonders eisgefährdeten Regionen als ausreichend. "

Es ergibt sich folgender Abstand
von den geplanten WEA

zu Schutzobjekten für das Projekt:	Kladrup-Mitte
Rotordurchmesser geplante WEA:	163,00 m
Nabenhöhe (incl. Fundamenterhöhung)	164,00 m
Abstand:	490,5 m

Abstand Schutzobjekt: 96 m

Maßnahmen zur Eiserkennung sind notwendig.

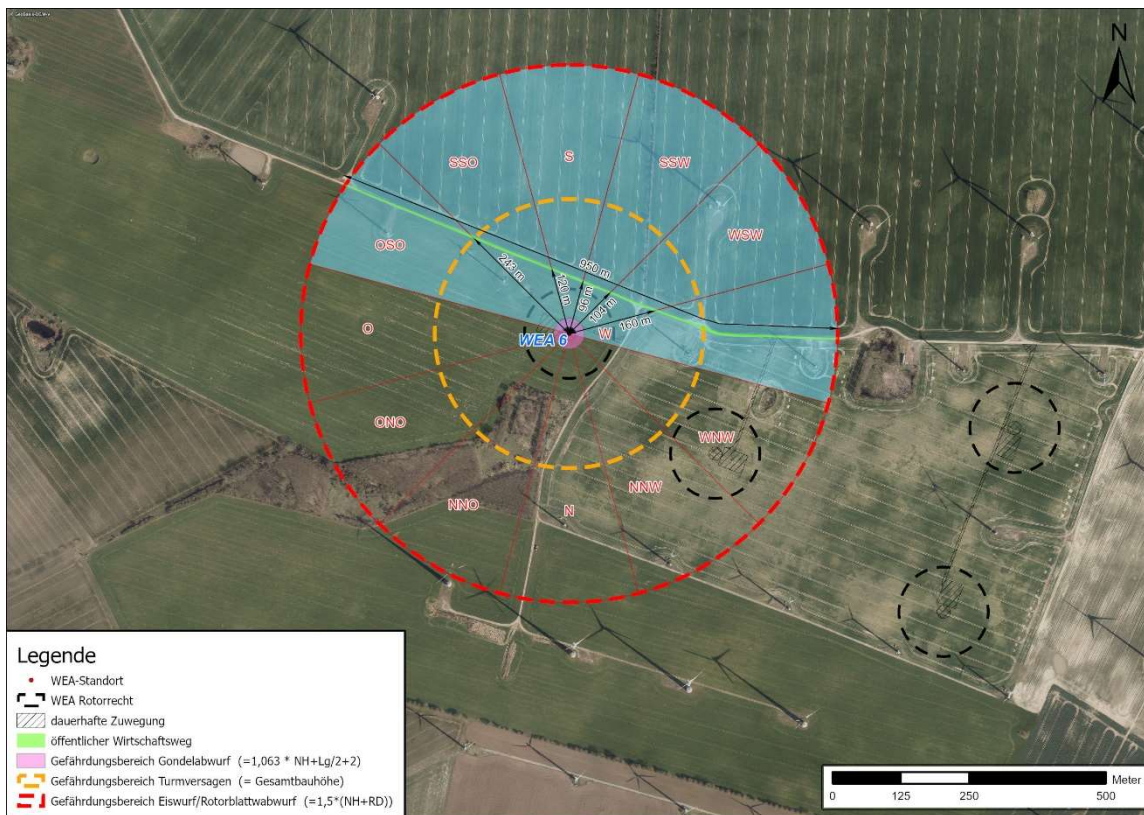
Maßnahmen: Die WEA wird mit einer funktionssicheren Eiserkennung ausgestattet.

Auf Grund des Einsatzes von vorhandenen Systemen zur Eiserkennung im Bedarfsfall kann im Folgenden davon ausgegangen werden, dass der Betrieb bei potentiell gefährlichem Eisansatz ausgeschlossen werden kann. Damit ergibt sich keine Gefährdung durch Eiswurf von der betrachteten WEA.

/4/ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur,
"Technisches Regelwerk - Wasserstraßen"(TR-W) einschließlich „Wasserstraßenspezifische Liste Technischer Baubestimmungen“ (WLTB) – Ausgabe 07/2015 - Anlage 2.7/12
Zur Richtlinie "Windenergieanlagen; Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung" , Abs. 2

Gefährdungswahrscheinlichkeit

Art	Straße /Weg		
Kategorie	Wirtschaftsweg	Messtelle	
Anzahl der Fahrzeuge pro Tag		30	geschätzt
Durchschnittsgeschwindigkeit	km/h	30	PKW+LKW
Strecke im Gefahrenbereich der betrachteten WEA	m	950	graphisch bestimmt
Auslastung		100%	
Anzahl der Personen pro Fahrzeug		1,5	nach /7/
Aufenthaltswahrscheinlichkeit		1,63E-04	
Fläche Schutzobjekt im Gefahrenbereich	m ²	3.800	graphisch bestimmt
Länge des Schutzobjektes (Weg, Straße)	m	950	
Abstand der Fahrzeuge (durchschnittlich)	m	30	
Fahrspuren (Autobahn 4 oder mehr Fahrspuren)		1	
max. Anzahl der Fahrzeuge im Gefahrenbereich		31	
max. Anzahl der Personen im Gefahrenbereich		47	
Trefferfläche (5m ² Pro Auto, 0,5m ² pro Person)	m ²	5	Auto
Gesamttrefferfläche (absolut)	m ²	155	
Trefferwahrscheinlichkeit		4,08E-02	
Gefährdungswahrscheinlichkeit		6,64E-06	



/7/ Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Mobilität in Deutschland 2008, Ergebnisbericht Struktur – Aufkommen – Emissionen – Trends, Bonn und Berlin, Februar 2010

Projekt:

Antragsteller:

Adresse:

Bearbeitungsdatum:

Kladrup-Mitte

naturwind schwerin gmbh

Schelfstraße 35, 19055 Schwerin

06.09.2021

Antrag:

4 WEA N 163

Untersuchung zur geplanten WEA:

Anlagentyp:

2

Nennleistung:

N149

Rotordurchmesser:

5,7

MW

Nabenhöhe (incl. Fundamenterhöhung):

149,10

m

Betrieb bis max. Windgeschwindigkeit:

125,4

m

25

m/s

Schutzobjekt-Nr.:

5

Schutzobjekt:

Wirtschaftsweg

minimaler Abstand der geplanten WEA zum Schutzobjekt:

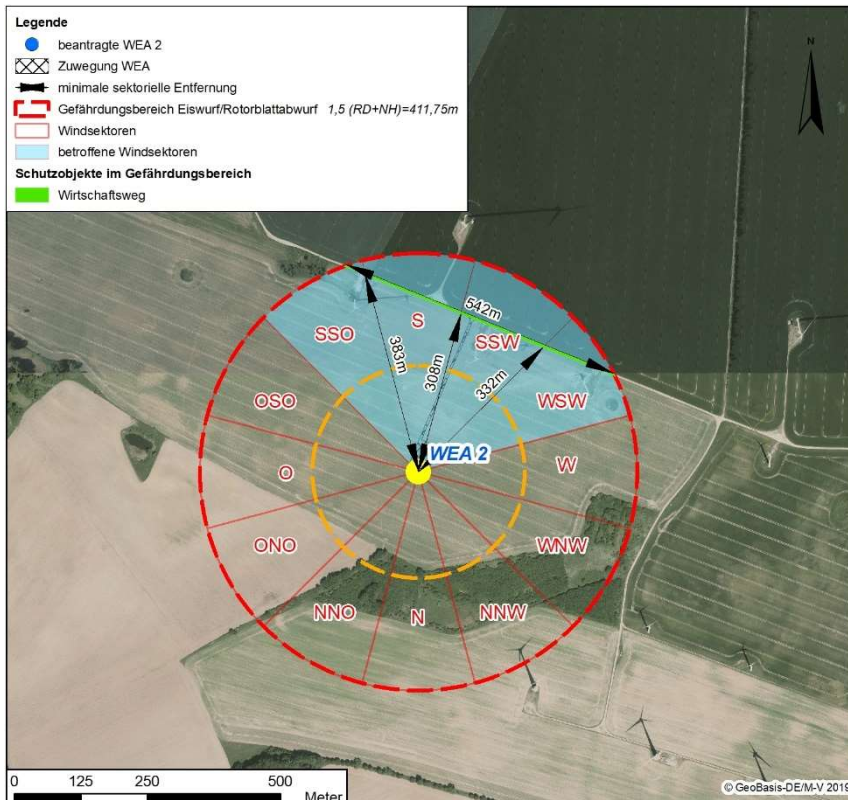
308 m

Risikobewertung nach:

1-Kollektives Risiko

2-individuelles Risiko

2



Eiswurf:

Nach /4/ sind "Abstände größer als $1,5 \times$ (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe) gelten im Allgemeinen in nicht besonders eisgefährdeten Regionen als ausreichend. "

Es ergibt sich folgender Abstand
von den geplanten WEA

zu Schutzobjekten für das Projekt:	Kladrup-Mitte
Rotordurchmesser geplante WEA:	149,10 m
Nabenhöhe (incl. Fundamenterhöhung)	125,40 m
Abstand:	411,75 m

Abstand Schutzobjekt: 308 m

Maßnahmen zur Eiserkennung sind notwendig.

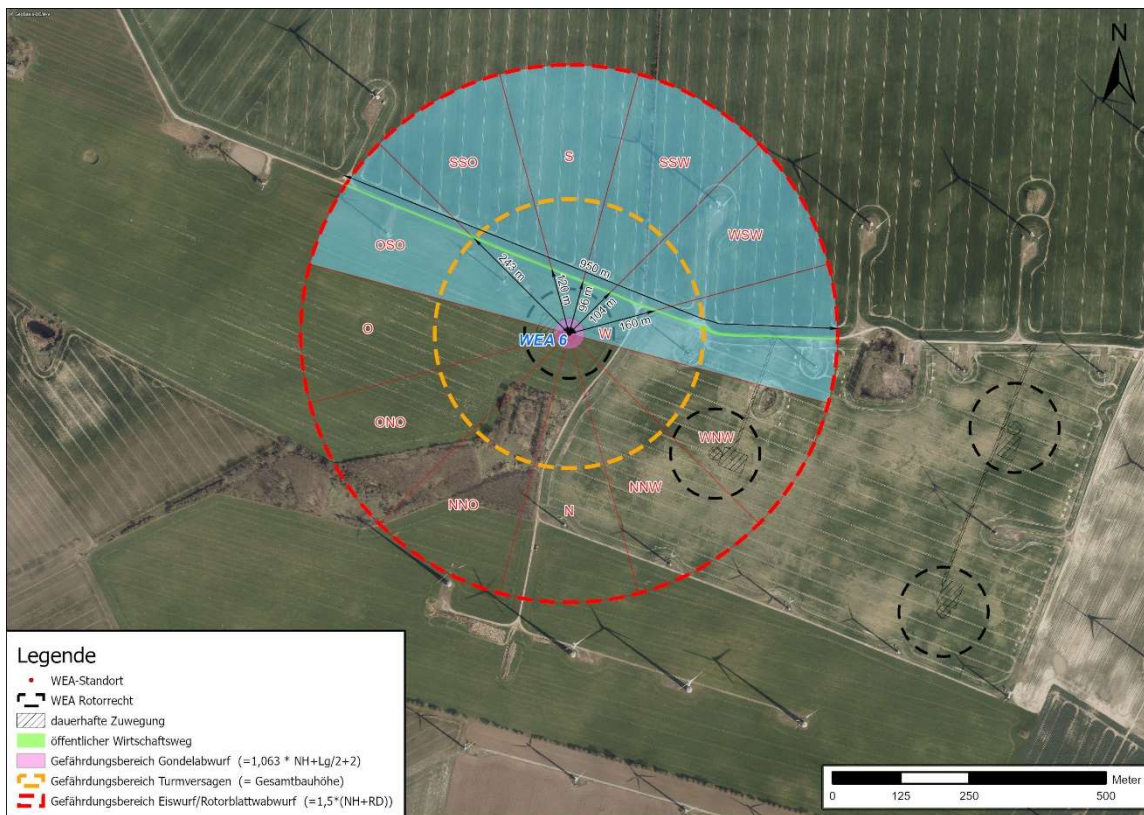
Maßnahmen: Die WEA wird mit einer funktionssicheren Eiserkennung ausgestattet.

Auf Grund des Einsatzes von vorhandenen Systemen zur Eiserkennung im Bedarfsfall kann im Folgenden davon ausgegangen werden, dass der Betrieb bei potentiell gefährlichem Eisansatz ausgeschlossen werden kann. Damit ergibt sich keine Gefährdung durch Eiswurf von der betrachteten WEA.

/4/ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur,
"Technisches Regelwerk - Wasserstraßen"(TR-W) einschließlich „Wasserstraßenspezifische Liste Technischer Baubestimmungen“ (WLTB) – Ausgabe 07/2015 - Anlage 2.7/12
Zur Richtlinie "Windenergieanlagen; Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung" , Abs. 2

Gefährdungswahrscheinlichkeit

Art	Straße /Weg	
Kategorie	Wirtschaftsweg	Messtelle
Anzahl der Fahrzeuge pro Tag	30	geschätzt
Durchschnittsgeschwindigkeit	km/h	30
Strecke im Gefahrenbereich der betrachteten WEA	m	542
Auslastung	100%	
Anzahl der Personen pro Fahrzeug	1,5	nach /7/
Aufenthaltswahrscheinlichkeit	9,28E-05	
Fläche Schutzobjekt im Gefahrenbereich	m ²	2.168
Länge des Schutzobjektes (Weg, Straße)	m	542
Abstand der Fahrzeuge (durchschnittlich)	m	30
Fahrspuren (Autobahn 4 oder mehr Fahrspuren)		1
max. Anzahl der Fahrzeuge im Gefahrenbereich		18
max. Anzahl der Personen im Gefahrenbereich		27
Trefferfläche (5m ² Pro Auto, 0,5m ² pro Person)	m ²	5
Gesamttrefferfläche (absolut)	m ²	90
Trefferwahrscheinlichkeit	4,15E-02	
Gefährdungswahrscheinlichkeit	3,85E-06	



/7/ Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Mobilität in Deutschland 2008, Ergebnisbericht Struktur – Aufkommen – Emissionen – Trends, Bonn und Berlin, Februar 2010

Projekt:

Antragsteller:

Adresse:

Bearbeitungsdatum:

Kladrup-Mitte

naturwind schwerin gmbh

Schelfstraße 35, 19055 Schwerin

06.09.2021

Antrag:

4 WEA N 163

Untersuchung zur geplanten WEA:

Anlagentyp:

Nennleistung:

Rotordurchmesser:

Nabenhöhe (incl. Fundamenterhöhung):

Betrieb bis max. Windgeschwindigkeit:

Bestands-WEA1

eno92

2,2 MW

92,80 m

103 m

k.A. m/s

Schutzobjekt-Nr.:

Schutzobjekt:

minimaler Abstand der geplanten WEA zum Schutzobjekt:

Risikobewertung nach:

1-Kollektives Risiko

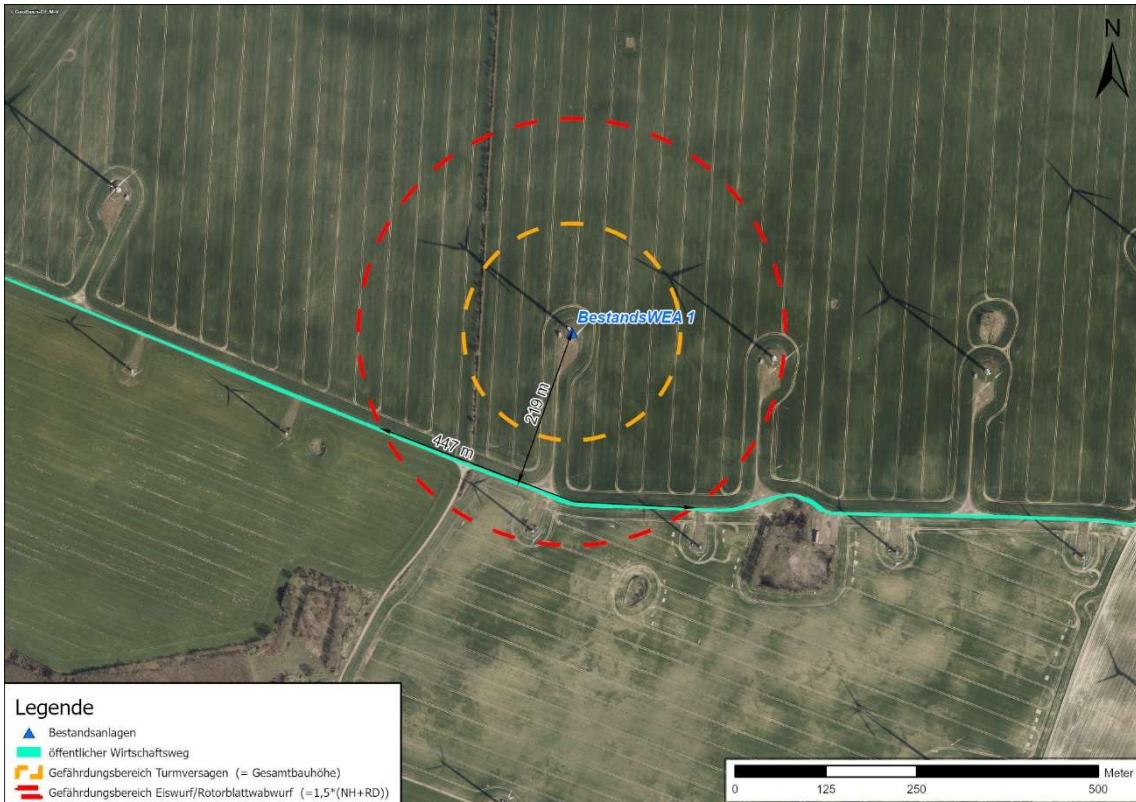
2-individuelles Risiko

6

Wirtschaftsweg

219 m

2



Eiswurf:

Nach /4/ sind "Abstände größer als $1,5 \times$ (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe) gelten im Allgemeinen in nicht besonders eisgefährdeten Regionen als ausreichend. "

Es ergibt sich folgender Abstand

von den geplanten WEA

zu Schutzobjekten für das Projekt:	Kladrum-Mitte
Rotordurchmesser geplante WEA:	92,80 m
Nabenhöhe (incl. Fundamenterhöhung)	103,00 m
Abstand:	293,7 m

Abstand Schutzobjekt: 219 m

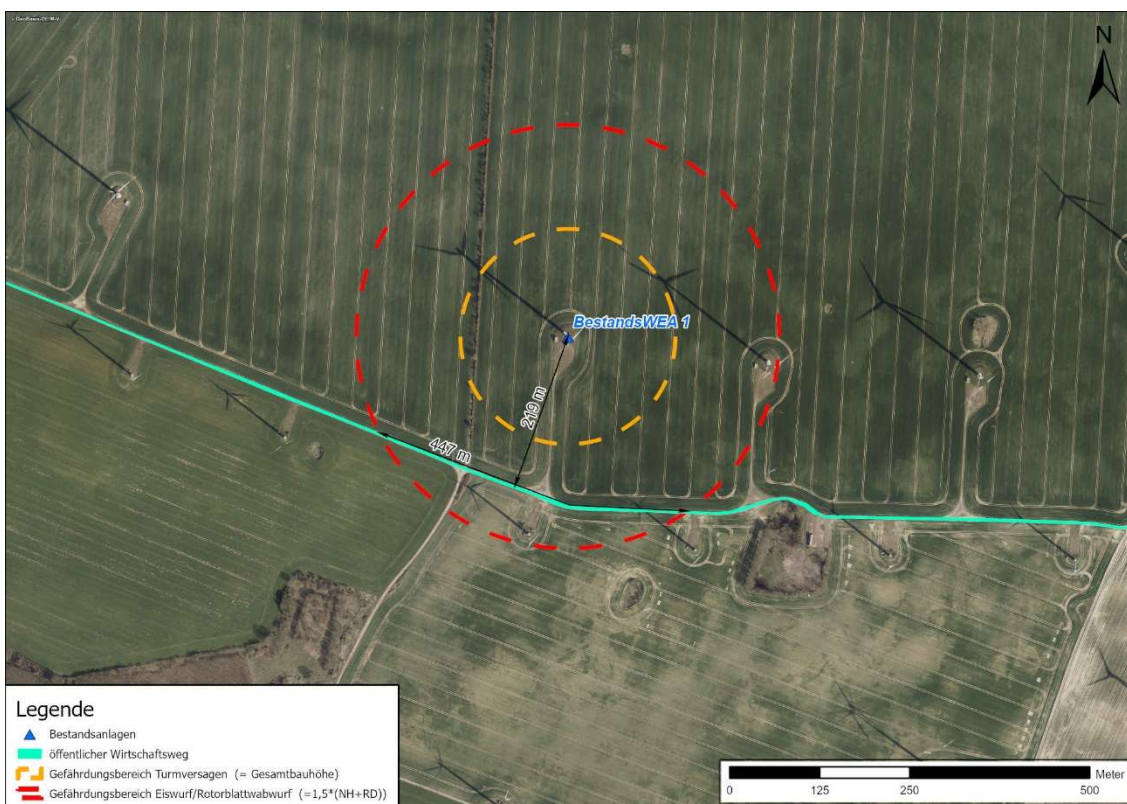
Maßnahmen zur Eiserkennung sind notwendig.

Es ist nicht bekannt, ob die Bestands-WEA mit einem Eiserkennungssystem ausgestattet ist.

/4/ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur,
"Technisches Regelwerk - Wasserstraßen"(TR-W) einschließlich „Wasserstraßenspezifische Liste Technischer
Baubestimmungen" (WLTB) – Ausgabe 07/2015 - Anlage 2.7/12
Zur Richtlinie "Windenergieanlagen; Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung", Abs. 2

Gefährdungswahrscheinlichkeit

Art	Straße /Weg	
Kategorie	Wirtschaftsweg	Messtelle
Anzahl der Fahrzeuge pro Tag	30	geschätzt
Durchschnittsgeschwindigkeit	km/h	30
Strecke im Gefahrenbereich der betrachteten WEA	m	447
Auslastung	100%	
Anzahl der Personen pro Fahrzeug	1,5	nach /7/
Aufenthaltswahrscheinlichkeit	7,65E-05	
Fläche Schutzobjekt im Gefahrenbereich	m ²	1.788
Länge des Schutzobjektes (Weg, Straße)	m	447
Abstand der Fahrzeuge (durchschnittlich)	m	30
Fahrspuren (Autobahn 4 oder mehr Fahrspuren)		1
max. Anzahl der Fahrzeuge im Gefahrenbereich		14
max. Anzahl der Personen im Gefahrenbereich		21
Trefferfläche (5m ² Pro Auto, 0,5m ² pro Person)	m ²	5
Gesamttrefferfläche (absolut)	m ²	70
Trefferwahrscheinlichkeit	3,91E-02	
Gefährdungswahrscheinlichkeit	3,00E-06	



/7/ Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, *Mobilität in Deutschland 2008, Ergebnisbericht Struktur – Aufkommen – Emissionen – Trends, Bonn und Berlin, Februar 2010*

Projekt:

Antragsteller:

Adresse:

Bearbeitungsdatum:

Kladrup-Mitte

naturwind schwerin gmbh

Schelfstraße 35, 19055 Schwerin

06.09.2021

Antrag:

4 WEA N 163

Untersuchung zur geplanten WEA:

Anlagentyp:

Nennleistung:

Rotordurchmesser:

Nabenhöhe (incl. Fundamenterhöhung):

Betrieb bis max. Windgeschwindigkeit:

Bestands-WEA2

eno92

2,2 MW

92,80 m

103 m

k.A. m/s

Schutzobjekt-Nr.:

7

Schutzobjekt:

Wirtschaftsweg

minimaler Abstand der geplanten WEA zum Schutzobjekt:

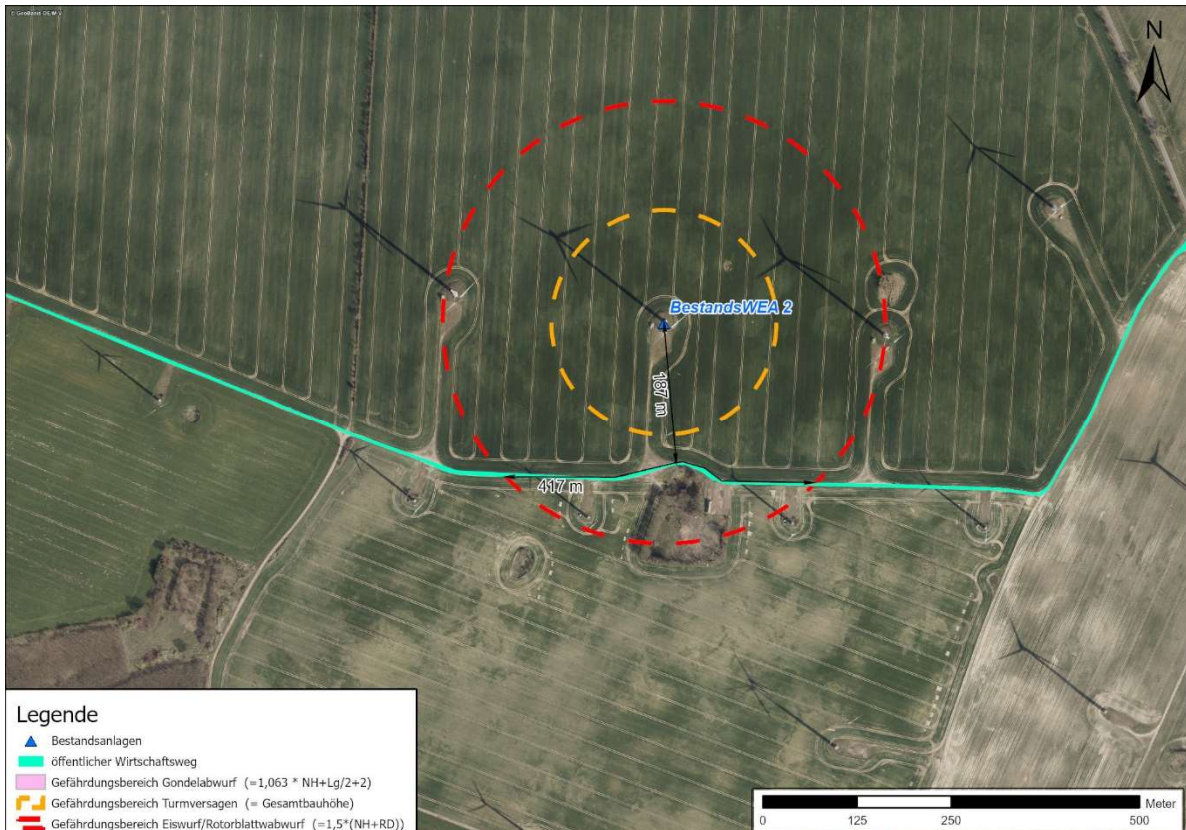
187 m

Risikobewertung nach:

1-Kollektives Risiko

2-individuelles Risiko

2



Eiswurf:

Nach /4/ sind "Abstände größer als $1,5 \times$ (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe) gelten im Allgemeinen in nicht besonders eisgefährdeten Regionen als ausreichend. "

Es ergibt sich folgender Abstand

von den geplanten WEA

zu Schutzobjekten für das Projekt:	Kladrum-Mitte
Rotordurchmesser geplante WEA:	92,80 m
Nabenhöhe (incl. Fundamenterhöhung)	103,00 m
Abstand:	293,7 m

Abstand Schutzobjekt: 187 m

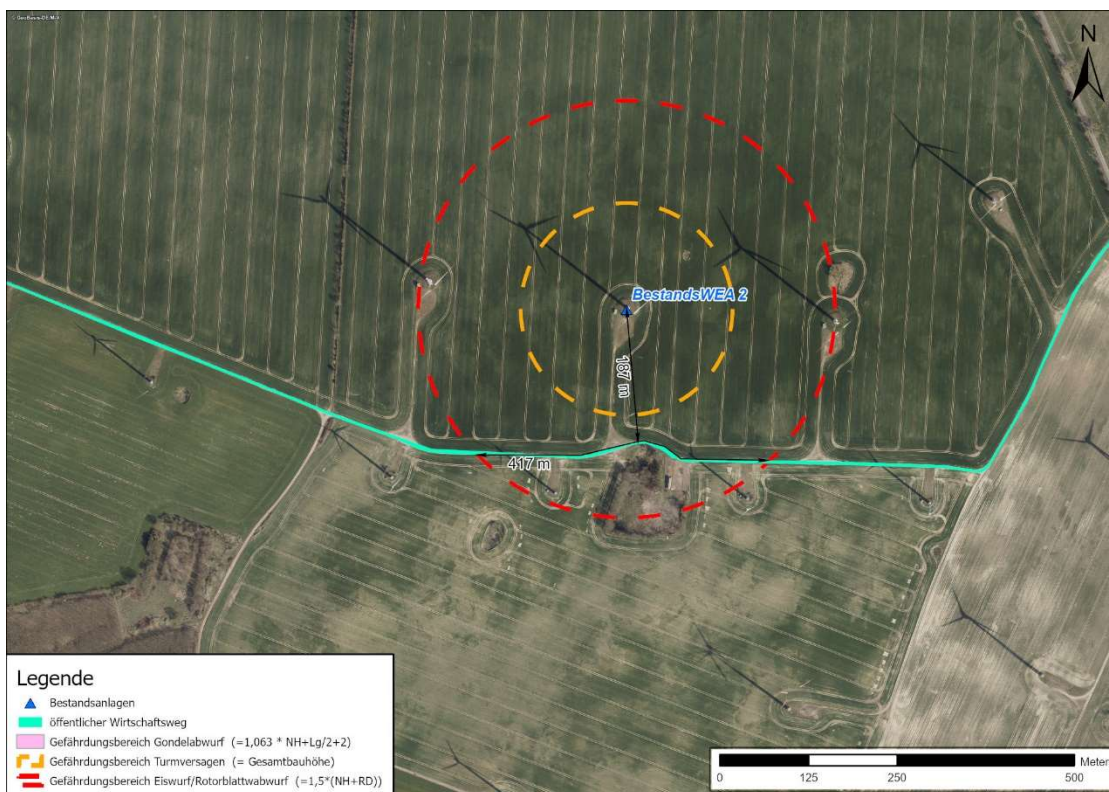
Maßnahmen zur Eiserkennung sind notwendig.

Es ist nicht bekannt, ob die Bestands-WEA mit einem Eiserkennungssystem ausgestattet ist.

/4/ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur,
"Technisches Regelwerk - Wasserstraßen"(TR-W) einschließlich „Wasserstraßenspezifische Liste Technischer
Baubestimmungen" (WLTB) – Ausgabe 07/2015 - Anlage 2.7/12
Zur Richtlinie "Windenergieanlagen; Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung", Abs. 2

Gefährdungswahrscheinlichkeit

Art	Straße /Weg	
	Wirtschaftsweg	Messtelle
Anzahl der Fahrzeuge pro Tag	30	geschätzt
Durchschnittsgeschwindigkeit	30 km/h	PKW+LKW
Strecke im Gefahrenbereich der betrachteten WEA	417 m	graphisch bestimmt
Auslastung	100%	
Anzahl der Personen pro Fahrzeug	1,5	nach /7/
Aufenthaltswahrscheinlichkeit	7,14E-05	
Fläche Schutzobjekt im Gefahrenbereich	1.668 m ²	graphisch bestimmt
Länge des Schutzobjektes (Weg, Straße)	417 m	
Abstand der Fahrzeuge (durchschnittlich)	30 m	
Fahrspuren (Autobahn 4 oder mehr Fahrspuren)	1	
max. Anzahl der Fahrzeuge im Gefahrenbereich	13	
max. Anzahl der Personen im Gefahrenbereich	20	
Trefferfläche (5m ² Pro Auto, 0,5m ² pro Person)	5 m ²	Auto
Gesamttrefferfläche (absolut)	65 m ²	
Trefferwahrscheinlichkeit	3,90E-02	
Gefährdungswahrscheinlichkeit	2,78E-06	



/7/ Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, *Mobilität in Deutschland 2008, Ergebnisbericht Struktur – Aufkommen – Emissionen – Trends, Bonn und Berlin, Februar 2010*

Projekt:

Antragsteller:

Adresse:

Bearbeitungsdatum:

Kladrum-Mitte

naturwind schwerin gmbh

Schelfstraße 35, 19055 Schwerin

06.09.2021

Antrag:

4 WEA N 163

Untersuchung zur geplanten WEA:

Anlagentyp:

Nennleistung:

Rotordurchmesser:

Nabenhöhe (incl. Fundamenterhöhung):

Betrieb bis max. Windgeschwindigkeit:

Bestands-WEA3

eno92

2,2 MW

92,80 m

103 m

k.A. m/s

Schutzobjekt-Nr.:

Schutzobjekt:

minimaler Abstand der geplanten WEA zum Schutzobjekt:

Risikobewertung nach:

1-Kollektives Risiko

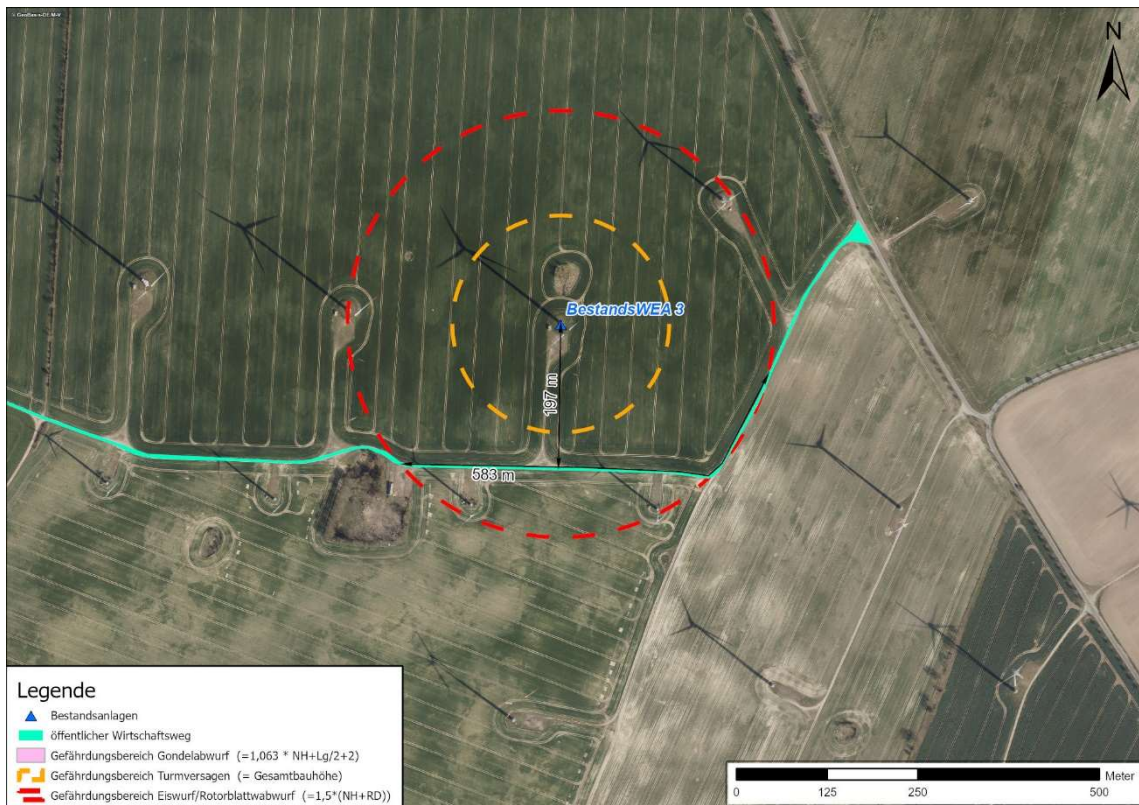
2-individuelles Risiko

8

Wirtschaftsweg

197 m

2



Eiswurf:

Nach /4/ sind "Abstände größer als $1,5 \times$ (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe) gelten im Allgemeinen in nicht besonders eisgefährdeten Regionen als ausreichend. "

Es ergibt sich folgender Abstand

von den geplanten WEA

zu Schutzobjekten für das Projekt:	Kladrum-Mitte
Rotordurchmesser geplante WEA:	92,80 m
Nabenhöhe (incl. Fundamenterhöhung)	103,00 m
Abstand:	293,7 m

Abstand Schutzobjekt: 197 m

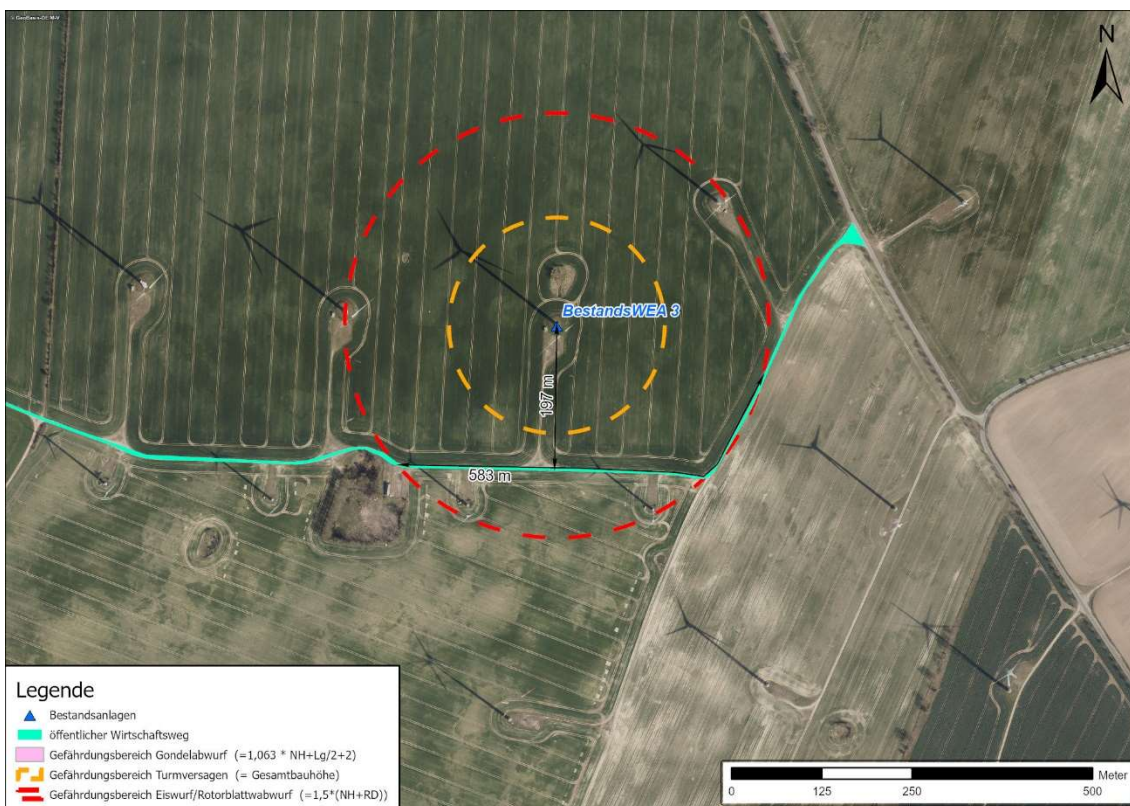
Maßnahmen zur Eiserkennung sind notwendig.

Es ist nicht bekannt, ob die Bestands-WEA mit einem Eiserkennungssystem ausgestattet ist.

/4/ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur,
"Technisches Regelwerk - Wasserstraßen"(TR-W) einschließlich „Wasserstraßenspezifische Liste Technischer Baubestimmungen“ (WLTB) – Ausgabe 07/2015 - Anlage 2.7/12
Zur Richtlinie "Windenergieanlagen; Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung", Abs. 2

Gefährdungswahrscheinlichkeit

Art	Straße /Weg	
Kategorie	Wirtschaftsweg	Messtelle
Anzahl der Fahrzeuge pro Tag	30	geschätzt
Durchschnittsgeschwindigkeit	km/h	30
Strecke im Gefahrenbereich der betrachteten WEA	m	583
Auslastung	100%	
Anzahl der Personen pro Fahrzeug	1,5	nach /7/
Aufenthaltswahrscheinlichkeit		9,98E-05
Fläche Schutzobjekt im Gefahrenbereich	m ²	2.332
Länge des Schutzobjektes (Weg, Straße)	m	583
Abstand der Fahrzeuge (durchschnittlich)	m	30
Fahrspuren (Autobahn 4 oder mehr Fahrspuren)		1
max. Anzahl der Fahrzeuge im Gefahrenbereich		19
max. Anzahl der Personen im Gefahrenbereich		29
Trefferfläche (5m ² Pro Auto, 0,5m ² pro Person)	m ²	5
Gesamttrefferfläche (absolut)	m ²	95
Trefferwahrscheinlichkeit		4,07E-02
Gefährdungswahrscheinlichkeit		4,07E-06



/7/ Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, *Mobilität in Deutschland 2008, Ergebnisbericht Struktur – Aufkommen – Emissionen – Trends, Bonn und Berlin, Februar 2010*

Gesamtgefährdung - Bestimmung des kumulierten Risikos

Schutzobjekt: Wirtschaftsweg

Risikobewertung nach:

1-Kollektives Risiko

2-individuelles Risiko

2

Gefährdungswahrscheinlichkeit am Schutzobjekt WEA 3 s. Anhang 1

5,78E-06

Gefährdungswahrscheinlichkeit am Schutzobjekt WEA 6 s. Anhang 4

6,64E-06

Gefährdungswahrscheinlichkeit am Schutzobjekt Bestands-WEA 1 s. Anhang 6

3,00E-06

Ereignishäufigkeit Turmversagen nach /7/

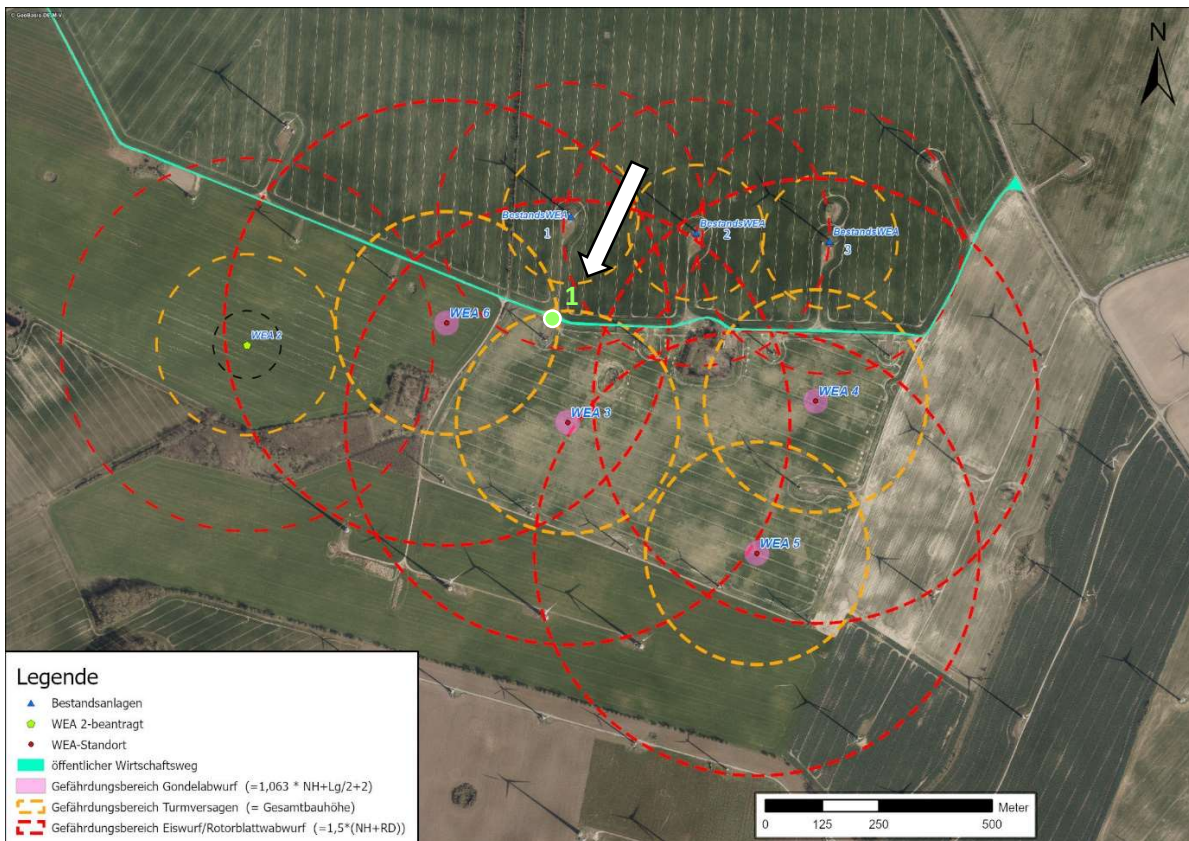
4,00E-05

Ereignishäufigkeit Rotorblattabwurf nach /7/ und /8/

8,00E-05

WEA	Gesamtgefährdung durch Eisfall	Gesamtgefährdungswahrscheinlichkeit des Turmversagens unter Berücksichtigung der Gefährdungswahrscheinlichkeit am Schutzobjekt	Gesamtgefährdungswahrscheinlichkeit des Rotorblattabwurfs unter Berücksichtigung der Gefährdungswahrscheinlichkeit am Schutzobjekt	Gesamtgefährdung durch WEA
WEA 3	nicht relevant	2,31E-10	4,62E-10	6,94E-10
WEA 6	nicht relevant	2,66E-10	5,31E-10	7,97E-10
BestandsWEA 1	nicht relevant	nicht relevant	2,40E-10	2,40E-10
kumuliertes Risiko				1,73E-09

Die Gesamtgefährdung ist nach Grenzwerten der IEA akzeptabel



Gesamtgefährdung - Bestimmung des kumulierten Risikos

Schutzobjekt: Wirtschaftsweg

Risikobewertung nach:

1-Kollektives Risiko

2-individuelles Risiko

2

Gefährdungswahrscheinlichkeit am Schutzobjekt WEA 3 s. Anhang 1

5,78E-06

Gefährdungswahrscheinlichkeit am Schutzobjekt WEA 4 s. Anhang 2

6,64E-06

Gefährdungswahrscheinlichkeit am Schutzobjekt Bestands-WEA 2 s. Anhang 7

2,78E-06

Gefährdungswahrscheinlichkeit am Schutzobjekt Bestands-WEA 2 s. Anhang 8

4,07E-06

Ereignishäufigkeit Turmversagen nach /7/

4,00E-05

Ereignishäufigkeit Rotorblattabwurf nach /7/ und /8/

8,00E-05

WEA	Gesamtgefährdung durch Eisfall	Gesamtgefährdungswahrscheinlichkeit des Turmversagens unter Berücksichtigung der Gefährdungswahrscheinlichkeit am Schutzobjekt	Gesamtgefährdungswahrscheinlichkeit des Rotorblattabwurfs unter Berücksichtigung der Gefährdungswahrscheinlichkeit am Schutzobjekt	Gesamtgefährdung durch WEA
WEA 3	nicht relevant	2,31E-10	4,62E-10	6,94E-10
WEA 4	nicht relevant	2,66E-10	5,31E-10	7,97E-10
BestandsWEA 2	nicht relevant	nicht relevant	2,22E-10	2,22E-10
BestandsWEA 3	nicht relevant	nicht relevant	3,26E-10	3,26E-10
kumuliertes Risiko				2,04E-09

Die Gesamtgefährdung ist nach Grenzwerten der IEA akzeptabel

