
**Errichtung und Betrieb von
4 Windenergieanlagen**

**des Typs Nordex N163 5.7
in der Gemeinde Karlsburg**

Landkreis Vorpommern-Greifswald

**Standortspezifische Gefährdungsbetrachtung
Bauteilversagen und kumulierende Betrachtung der
Gefährdung durch Eisfall**

Antragsteller:



naturwind schwerin gmbh

Schelfstraße 35

19055 Schwerin

Inhaltsverzeichnis

1. Anlass.....	2
2. Grundlagen.....	2
2.1. Eintrittswahrscheinlichkeit für Bauteilversagen	2
2.2. Regelungen	3
2.3. Risikobewertung	4
2.4. Grenzwerte der Risikobewertung	4
3. Vorgehensweise Beurteilung der Gefährdung durch Bauteilversagen	6
3.1. Abwurf von Rotorblätter bzw. Rotorblatt-Teilen.....	6
3.2. Turmversagen.....	6
3.3. Gondelabwurf	6
3.4. Bestimmung der Gefährdungswahrscheinlichkeit an Schutzobjekten.....	7
4. Bestimmung des kumulierenden Risikos	7
5. Standortspezifische Zusammenfassung	7
6. Literatur- und Quellenverzeichnis	11
7. Anhänge	11

1. Anlass

Im Zuge des Genehmigungsverfahrens für Windenergieanlagen muss nachgewiesen werden, dass sich Windenergieanlagen wegen 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 Betrachtung zur Gefährdung von Objekten im näheren Umfeld wird die Wahrscheinlichkeit ermittelt, mit der eine Gefährdung durch Bauteilversagen (Rotorblattbruch, Turmversagen und Herabfallen der Gondel bzw. des Rotors) eintritt und diese mit zulässigen Grenzwerten verglichen.

2. Grundlagen

2.1. 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 /1/ „**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 Rotorblattabriss pro Jahr (0,008%) dokumentiert und 1,0 Fälle, in denen eine Windenergieanlage umfiel oder abbrach (0,004%)**

2.2. Regelungen

Die Standsicherheit von Windenergieanlagen ist in Deutschland derzeit in baurechtlichen Richtlinien, die das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) vorgibt, geregelt. Den Richtlinien folgend wird die Standsicherheit anlagenspezifisch in einer Typenprüfung bzw. einer standortspezifischen Einzelprüfung untersucht. Die Typen- beziehungsweise Einzelprüfung umfasst die Prüfung der Lastannahmen, den Standsicherheitsnachweis für Turm und Fundament, Extremlasten- und Betriebsfestigkeitsnachweise für alle sicherheitstechnisch relevanten Maschinenbauteile, Strukturnachweise für die Rotorblätter, die Prüfung der Sicherheits- und Betriebsführungskonzepte sowie die Auslegungs- und Eignungsprüfung der elektrischen Anlage. In der Typenprüfung werden die Windenergieanlagen für generische, standortunabhängige Wind- und Umgebungsbedingungen untersucht.

*„Um die Standorteignung beziehungsweise die Standsicherheit einer Windenergieanlage an einem bestimmten Standort nachzuweisen, muss zusätzlich eine Überprüfung erfolgen, ob die standortspezifischen Parameter durch die Annahmen der Typenprüfung abgedeckt werden. Die Standorteignung für geplante Windenergieanlagen wird bei allen Anlagen im Zuge des Genehmigungsverfahrens von einem unabhängigen anerkannten Sachverständigen geprüft... Im Rahmen des Standorteignungsgutachtens (früher „Turbulenzgutachten“) werden die standortspezifischen Windparameter (mindestens die Größen „mittlere Jahreswindgeschwindigkeit“, „50-Jahreswindgeschwindigkeit“ sowie die „effektive Turbulenzintensität“) mit den entsprechenden Auslegungswerten der Windenergieanlage verglichen. Bei einer geplanten Windenergieanlage muss zudem nachgewiesen werden, dass bestehende Anlagen im Umkreis den möglichen höheren Turbulenzbelastungen gewachsen sind und dass keine anderen Bauwerke im Umkreis beeinträchtigt werden. Überschreitungen der Extremlasten können im ungünstigsten Fall zum Kippen der Windenergieanlage, zum Turmversagen und zu direkten Schäden an Bauteilen führen. Überschreitungen der Betriebslasten können zu erhöhtem Materialverschleiß führen und die Lebensdauer der Bauteile verringern. Kommt es zu Überschreitungen einzelner Auslegungswerte kann die Standorteignung ggf. durch standortspezifische Lastvergleiche nachgewiesen werden. Hierbei erfolgt ein Vergleich der standortspezifischen Lasten mit den entsprechenden Auslegungslasten der zugrunde liegenden Typenprüfung. Kommt es zu Überschreitungen der Auslegungswerte, der Turbulenzintensität und ist ein standortspezifischer Lastvergleich nicht möglich oder fällt negativ aus, müssen Maßnahmen wie sektorielle Abschaltregelungen oder sektorielle Leistungsreduzierungen ergriffen werden. Dies bedeutet, dass z.B. Abschaltregelungen und Leistungsreduzierungen für bestimmte Windrichtungen erforderlich sind. Alternativ muss die Windenergieanlage so geplant werden, dass ein größerer Abstand zu den umliegenden Windenergieanlagen oder Bauwerken eingehalten wird oder der geplante Anlagentyp muss geändert werden.“ /1/ – siehe **Turbulenzgutachten oder Gutachten zur Standorteignung nach DIBT***

„Bei der Prüfung der Standorteignung werden im Rahmen der geotechnischen Gutachten die Eigenschaften des Baugrunds durch Baugrundaufschlüsse (Bohrungen, Sondierungen, ggf. Schürfe) untersucht und mit den Anforderungen der Typenprüfung verglichen („Baugrundgutachten“). Falls notwendig, werden Maßnahmen zur Baugrundverbesserung formuliert. Bei sehr schlechten Untergrundverhältnissen können standortspezifische Gründungskonzepte beziehungsweise Pfahlgründungen erforderlich sein.“ /1/

2.3. Risikobewertung

„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

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 1). Wenn ein nicht akzeptables Risiko durch die Windenergieanlage festgestellt wird, müssen Maßnahmen zur Risikominderung, wie etwa verkürzte Prüfungsintervalle oder technische Maßnahmen umgesetzt werden.“ /1/

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 1 Schematische Darstellung von Risikoanalyse und -bewertung von Rotorbruch, Gondelabwurf und Turmversagen im Zuge des Genehmigungsverfahrens / in Anlehnung an 1/

2.4. Grenzwerte der Risikobewertung

Als Grenzwerte zur Risikobewertung für die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Bauteilversagens werden die gleichen Grenzwerte wie bei der Risikobewertung für Eiswurf und Eisfall zugrunde gelegt. Danach ist gemäß der IEA /3/ 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.)

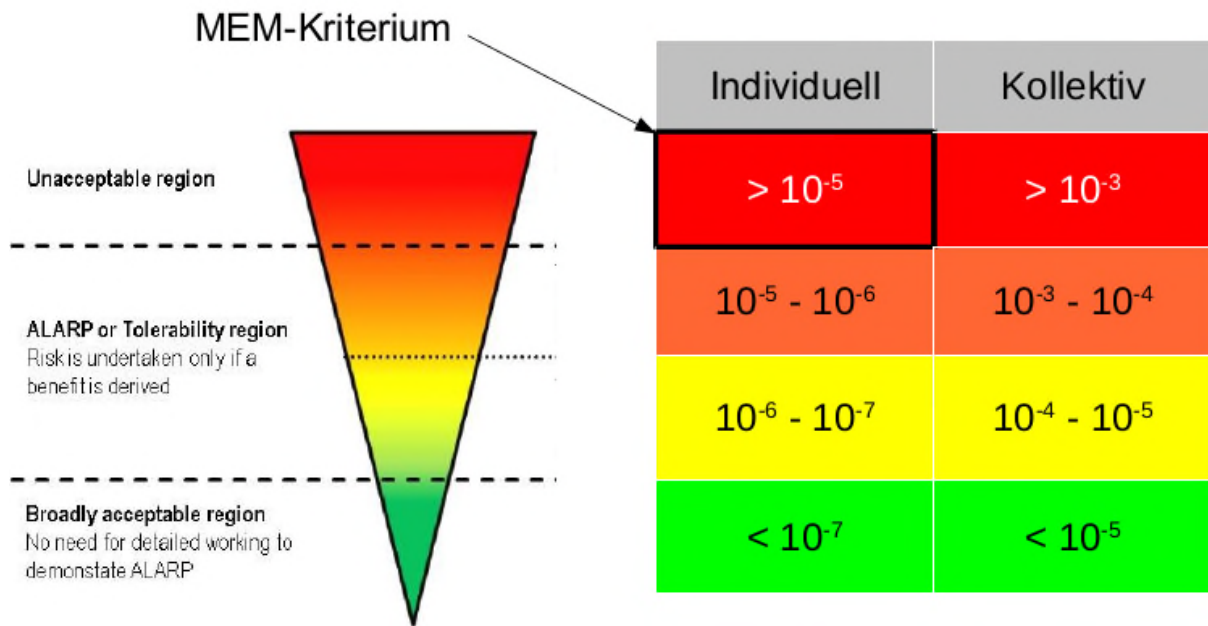


Abbildung 1 Risikobewertung: Grenzwerte nach IEA /2/

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 2 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. Vorgehensweise Beurteilung der Gefährdung durch Bauteilversagen

3.1. Abwurf von Rotorblättern bzw. Rotorblatt-Teilen

- Ermittlung der standortspezifischen Gefährdung (z.B. Rotorblattbruch)
 - Nach /1/ und /6/ 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."*
/6/ . S. 8 – dies entspricht dem Gefährdungsbereich für Eisabwurf nach /4/

3.2. Turmversagen

- Ermittlung der standortspezifischen Gefährdung (Turmversagen)
 - Nach /1/ 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

3.3. Gondelabwurf

- Ermittlung der standortspezifischen Gefährdung (Gondelabwurf)
 - Nach /7/ 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]

3.4. 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 durch Eisfall nicht ausgeschlossen werden kann.

Die Bestimmung erfolgt analog der Gefährdung durch Eisfall.

4. 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	$0,1063 \times N_H + L_G / 2 + 2,0$ (siehe Kap. 3.3)

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. 2.4) verglichen.

5. Standortspezifische Zusammenfassung

Gültig für WEA:	WEA 1 – 4 (Planung)	WEA R4 (bereits beantragt)	WKA 14 (Bestand)
Anagentyp:	N163	N149	Repower MD 77
Nennleistung [MW]:	5,7	5,7	1,5
Rotordurchmesser [m]:	163	149,1	77
Nabenhöhe [m]:	164	125,4	61,5
Gondellänge einschließlich Rotornabe [m]:	17,3	17,3	k.A.

Tabelle 4 projektspezifische WEA – Anlagendaten

Standortspezifische Gefährdungsbereiche	WEA 1 – 4 (Planung)	WEA R4 (bereits beantragt)	WKA 14 (Bestand)
Eisfall (=1,5x (Nabenhöhe+Durchmesser))	490,5 m	411,75 m	207,75 m
Rotorblattbruch (wie Eisfall)	490,5 m	411,75 m	207,75 m
Turmversagen (=Gesamtanlagenhöhe)	245,5 m	199,9 m	100 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

Die Bestimmung des kumulierten Risikos kann den Anhängen 1-3 entnommen werden. Für den Wirtschaftsweg Zarnekow – Giesekehagen erfolgt aufgrund der zugrunde gelegten Verkehrsstärke und untergeordneten Bedeutung die Einstufung auf Basis des individuellen Risikos. Das Schutzobjekt Bahnstrecke Züssow – Wolgast wird nach dem kollektiven Risiko bewertet. Beim Schutzobjekt Bahntrasse wird in Bezug auf die bestehende WKA 14 sowie die beantragte WEA R4 lediglich eine Risikoeinstufung zum Rotorblattbruch und Turmversagen durchgeführt. Eine Gefährdung durch Eisfall ist für diese WEA nicht vorhanden /8, S.88/. Gemäß Anlage A23 des Veenker-Gutachtens zum Mindestabstand von WEA zu Bahnstrecken ist für die geplante Anlagenklasse ein Mindestabstand von 160m definiert. Dieser Mindestabstand wird lediglich an der geplanten WEA R4 um 16m im Windsektor Nord unterschritten. Da die Eingangsgrößen in /8/ zur Berechnung der Mindestabstände sehr konservativ sind und eine gleichmäßige Windverteilung zugrunde gelegt wurde, ist für den konkreten Fall ein geringerer Abstand der WEA R4 zur Bahnstrecke möglich. Die Abschätzung des kumulierten Gefährdungsrisikos durch geplante WEA 1, die beantragte WEA R4 und die bestehende WKA 14 kann dem Anhang 2 entnommen werden. Folgende Tabelle stellt die zusammenfassende Bewertung dar.

Standort	Schutzobjekt	WEA	Eis-Erkennung system	Eisfall bzw. Rotorblatt abwurf	Turm- versagen	Gondel- abwurf	Gesamt- gefährdung	
1	Wirtschaftsweg Zarnekow – Giesekehagen	1	ja	ja	nein	nein	1,9x10 ⁻⁹	akzep- tabel
		R4	ja	ja	nein	nein		
2	Bahntrasse Züssow-Wolgast	1	ja	ja	nein	nein	2,6x10 ⁻⁷	akzep- tabel
		R4	ja	ja	ja	nein		
		WKA 14	k.A.	ja	nein	nein		
3	Bahntrasse Züssow-Wolgast	1	ja	ja	ja	nein	2,1x10 ⁻⁷	akzep- tabel

Tabelle 6 Zusammenfassende Ergebnisse der kumulierenden Gefährdungsbetrachtungen

Westlich des Plangebiets verlaufen die vorhandene Opal-Gasleitung sowie die im Bau bzw. z.T. fertiggestellte EUGAL-Leitung in nord-südlicher Richtung. Durch das Plangebiet in Ost-West Richtung verläuft die ONTRAS Ferngasleitung s. Abb. 2. Gemäß Stellungnahme des Leitungsbetreibers GASCADE für die OPAL und EUGAL Leitungen vom 30.03.2021 ist keine Beeinträchtigung durch die geplanten WEA vorhanden. Laut Stellungnahme von GDM.com im Auftrag von ONTRAS vom 22.03.2021 ist „...das bei der Ermittlung der erforderlichen Mindestabstände zu beachtende Veenker-Gutachten im vorliegenden Fall nicht anwendbar. Begründet ist dies durch die Anzahl der zu betrachtenden Anlagen von > 3.“ Es ist eine gutachterliche Prüfung der Planung durch ein anerkanntes Ingenieurbüro erforderlich. Dazu wird ein entsprechend ein gesondertes Gutachten eingereicht.

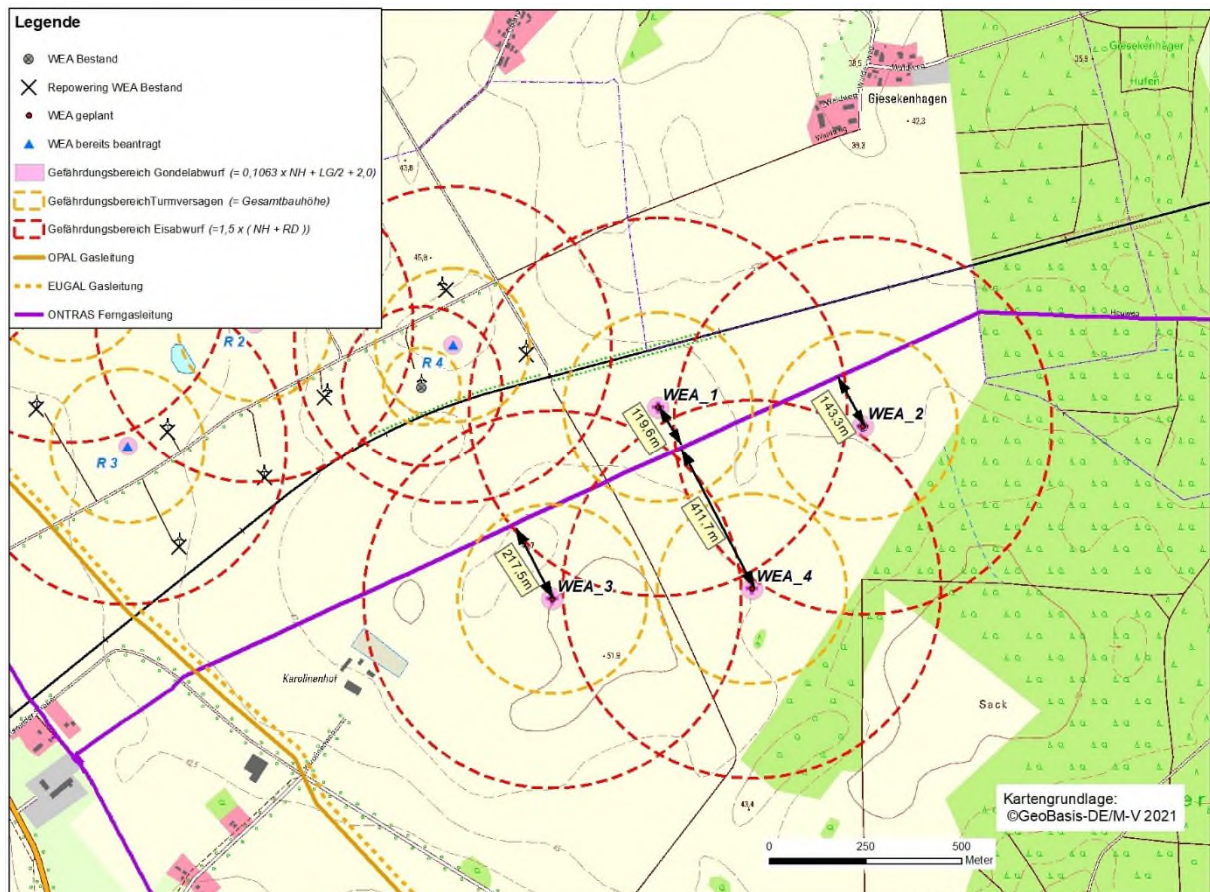


Abbildung 2 Verlauf vorhandener und geplanter Gasleitungen

Für die betrachteten Schutzobjekte sind folgende Maßnahmen zur Risikominimierung an den geplanten WEA notwendig:

- Einsatz einer funktionierenden Eiserkennung für die WEA 1

Zudem ist das Anbringen von Warnschildern zur Warnung vor Eiswurf auf nicht öffentlichen Wegen zu den Windenergieanlagen mit nachfolgender Aufschrift erforderlich:

„Vorsicht Eisabwurf – Aufenthalt im Windpark auf eigene Gefahr“ (siehe Abbildung 3)

Empfehlung zusätzlicher Maßnahmen zur Risikominimierung:

- Anbringen von Warnschildern an den öffentlichen Gemeindewegen (siehe Abbildung 3)
- Ausrichtung des stillstehenden Rotors von WEA 1 – 4 parallel zum Weg

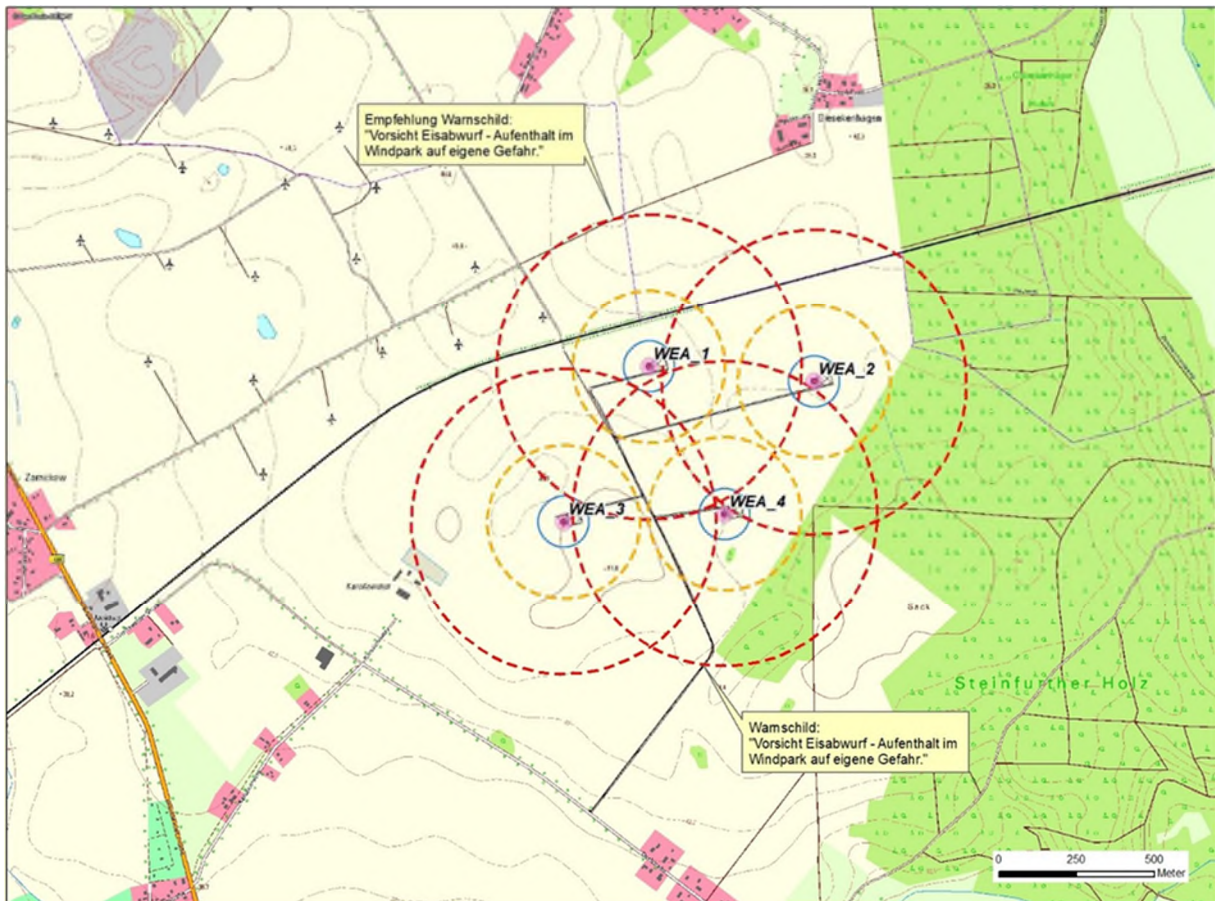


Abbildung 3 Übersicht Gefährdungsbetrachtung (Eiswurf, Eisfall, Gondel-/ Rotorblattabwurf, Turmversagen)

6. Literatur- und Quellenverzeichnis

- /1/ Landesenergieagentur Hessen, 2018, Faktenpapier: Sicherheit von Windenergieanlagen - Bürgerforum Energieland Hessen
- /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/ Agatz, Monika, Windenergiehandbuch, 14. Ausgabe, 12/2017
- /6/ TÜV Nord, Dr. Monika Polster, Standsicherheit, Rotorblattbruch und Turmversagen, Giesen 06.06.2018
- /7/ Übersicht Unfallereignisse an Windkraftanlagen / Windparks (17.10.2017)
http://www.keinewindkraftimmerthal.de/images/Windkraft/Unfallliste_WKA_2017_10_14.pdf
- /8/ Veenker, Windenergieanlagen in Nähe von Schutzobjekten – Bestimmung von Mindestabständen, 11.12.2014

7. Anhänge

Anhang-Nr.	Bestimmung des kumulierten Risikos durch WEA	Schutzobjekt
1	R2, R4	Wirtschaftsweg Zarnekow – Giesekehagen
2	R2, R4, WKA 14	Wirtschaftsweg Zarnekow – Giesekehagen
3	R4, WKA 14	Bahnstrecke Züssow - Wolgast
4	Gefährdungswahrscheinlichkeit WEA R4	
5	Gefährdungswahrscheinlichkeit WKA 14	

Tabelle 7 Auflistung der Anhänge

Schwerin, den 07.05.2021

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

Anhang: Standort 1

Gesamtgefährdung - Bestimmung des kumulierten Risikos

Schutzobjekt: Wirtschaftsweg Zarnekow-Giesekehagen

Risikobewertung nach:

1-Kollektives Risiko

2-individuelles Risiko

2

Gefährdungswahrscheinlichkeit am Schutzobjekt durch WEA 1 (siehe Eisfall)

1,48E-06

Gefährdungswahrscheinlichkeit am Schutzobjekt durch WEA R4 (siehe Eisfall)

3,58E-06

Ereignishäufigkeit Turmversagen nach /1/

4,0E-05

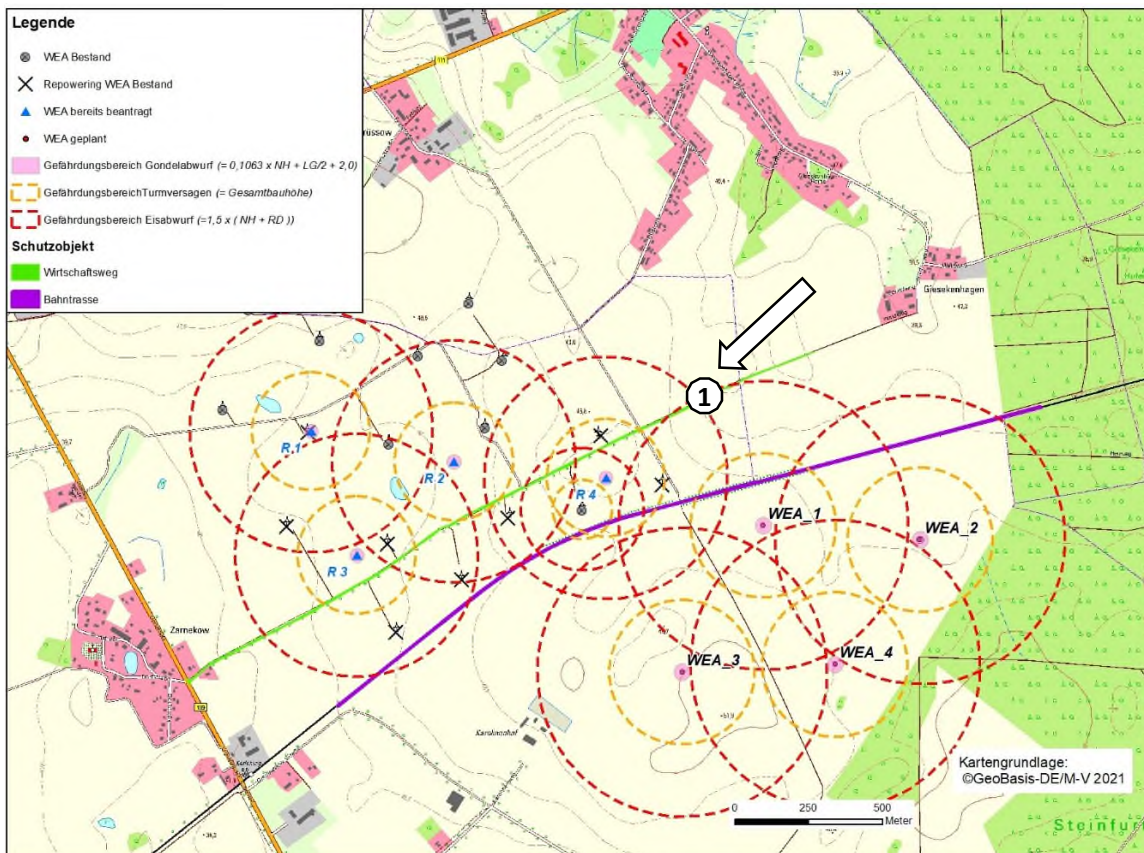
Ereignishäufigkeit Rotorblattabwurf nach /1/ und /2/

8,0E-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
1	4,2E-10	nicht relevant	1,2E-10	5,4E-10
R4	1,1E-09	nicht relevant	2,9E-10	1,4E-09
kumuliertes Risiko				1,9E-09

Die Gesamtgefährdung ist nach Grenzwerten der IEA

akzeptabel.



/1/ Landesenergieagentur Hessen, 06.06.2018, Faktencheck: Sicherheit von Windenergieanlagen - Kurzdokumentation, Themenblock II Rotorblattbruch, Gondelabwurf und Standsicherheit

/2/ TÜV Nord, Dr. Monika Polster, Standsicherheit, Rotorblattbruch und Turmversagen, Giesen 06.06.2018

Anhang: Standort 2

Gesamtgefährdung - Bestimmung des kumulierten Risikos

Schutzobjekt: Bahntrasse Züssow - Wolgast

Risikobewertung nach:

1-Kollektives Risiko

2-individuelles Risiko

1

Gefährdungswahrscheinlichkeit am Schutzobjekt durch WEA 1 (siehe Eisfall)

5,19E-04

Gefährdungswahrscheinlichkeit am Schutzobjekt durch WEA R4 (s. Anhang 4)

4,16E-04

Gefährdungswahrscheinlichkeit am Schutzobjekt durch WKA 14 (s. Anhang 5)

2,14E-04

Ereignishäufigkeit Turmversagen nach /1/

4,0E-05

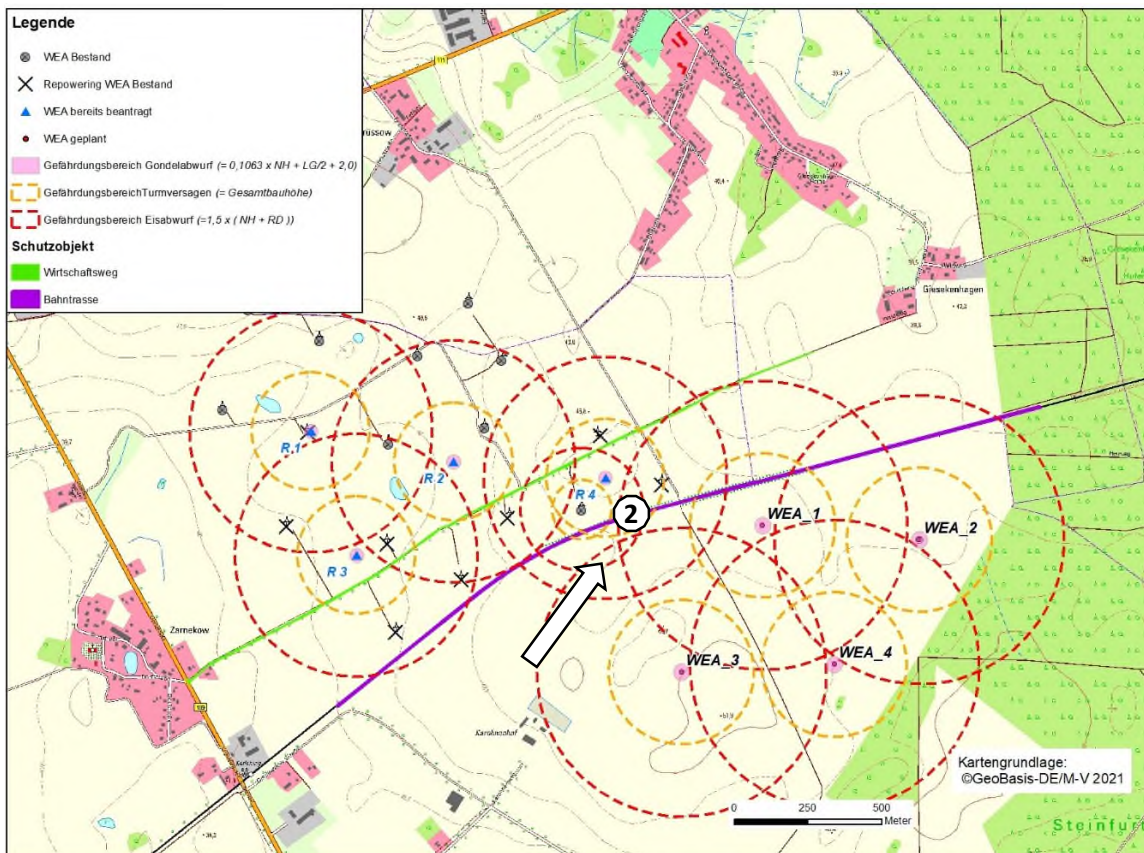
Ereignishäufigkeit Rotorblattabwurf nach /1/ und /2/

8,0E-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
1	1,5E-07	nicht relevant	4,2E-08	1,9E-07
R4	nicht relevant	1,7E-08	3,3E-08	5,0E-08
WKA 14	nicht relevant	nicht relevant	1,7E-08	1,7E-08
kumuliertes Risiko				2,6E-07

Die Gesamtgefährdung ist nach Grenzwerten der IEA

akzeptabel.



/1/ Landesenergieagentur Hessen, 06.06.2018, Faktencheck: Sicherheit von Windenergieanlagen - Kurzdokumentation, Themenblock II Rotorblattbruch, Gondelabwurf und Standsicherheit

/2/ TÜV Nord, Dr. Monika Polster, Standsicherheit, Rotorblattbruch und Turmversagen, Giesen 06.06.2018

Anhang: Standort 3

Gesamtgefährdung - Bestimmung des kumulierten Risikos

Schutzobjekt: Bahntrasse Züssow - Wolgast

Risikobewertung nach:

1-Kollektives Risiko

2-individuelles Risiko

1

Gefährdungswahrscheinlichkeit am Schutzobjekt durch WEA 1 (siehe Eisfall)

5,19E-04

Ereignishäufigkeit Turmversagen nach /1/

4,0E-05

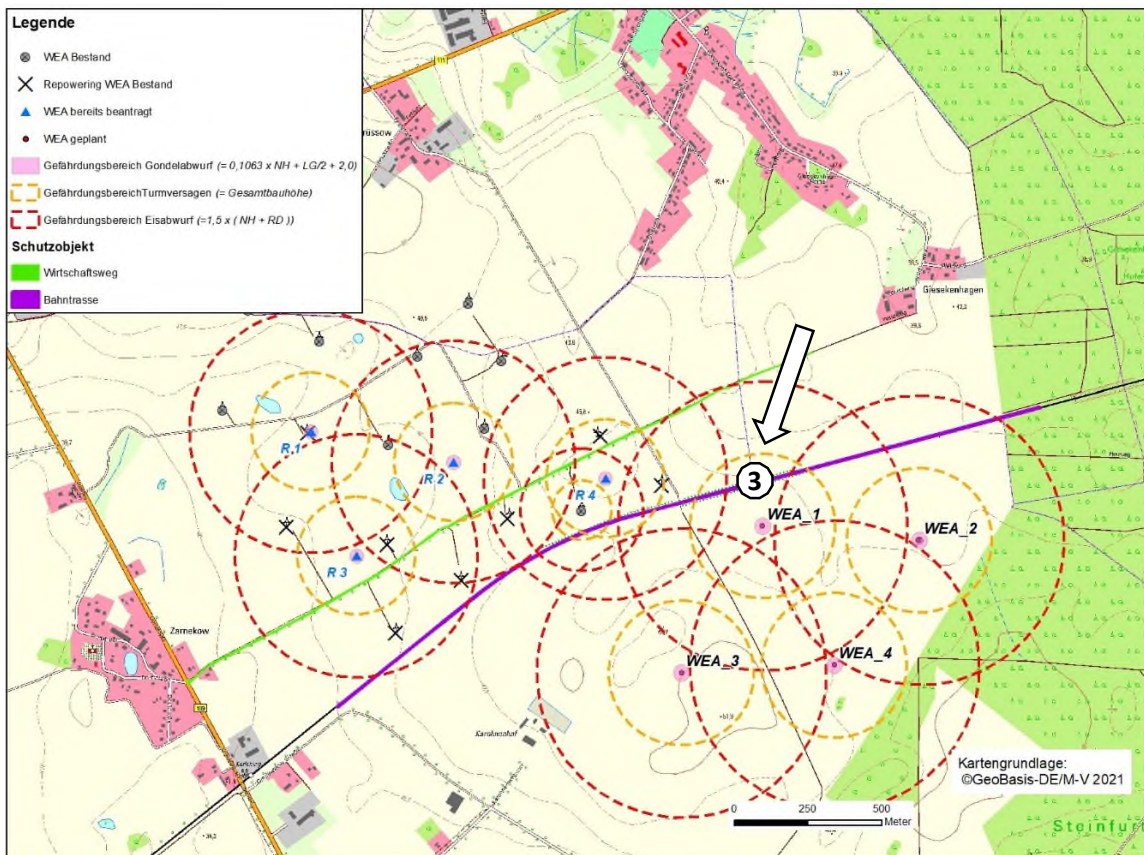
Ereignishäufigkeit Rotorblattabwurf nach /1/ und /2/

8,0E-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
1	1,5E-07	2,1E-08	4,2E-08	2,1E-07
kumuliertes Risiko				2,1E-07

Die Gesamtgefährdung ist nach Grenzwerten der IEA

akzeptabel.



/1/ Landesenergieagentur Hessen, 06.06.2018, Faktencheck: Sicherheit von Windenergieanlagen - Kurzdokumentation, Themenblock II Rotorblattbruch, Gondelabwurf und Standsicherheit

/2/ TÜV Nord, Dr. Monika Polster, Standsicherheit, Rotorblattbruch und Turmversagen, Gießen 06.06.2018

Gefährdungswahrscheinlichkeit

Risikobewertung nach:

1-Kollektives Risiko

1

2-individuelles Risiko

Art		Bahn	
Kategorie		Schiene	
Anzahl der Züge pro Tag		49	UBB Fahrplan 2020
Durchschnittsgeschwindigkeit	km/h	80	Berechnung aus Fahrplan
Strecke im Gefahrenbereich der betrachteten WEA	m	749	graphisch bestimmt
Aufenthaltszeit für 1 Zug	s	34	
Aufenthaltszeit für n Züge	s	1652	
max. Anzahl der Personen pro Zug		202	@ wikipedia Zugtyp GTW 2/6"
Zugauslastung		22%	nach /7/
Aufenthaltswahrscheinlichkeit		2,33E-03	
Breite des Schutzobjektes (Zug)	m	3	"@ wikipedia Zugtyp GTW 2/6"
Länge des Schutzobjektes (Zug)	m	41	
Fläche Schutzobjekt (Zug)	m ²	123	
Fahrspuren (ein-/zweigleisig)		1	
Anzahl der Züge im Gefahrenbereich		1	
Anzahl der Personen im Gefahrenbereich		44	
Trefferfläche (5m ² Pro Auto, 0,5m ² pro Person)	m ²	0,5	Person
Gesamttrefferfläche (absolut)	m ²	22	
Trefferwahrscheinlichkeit		1,79E-01	
Gefährdungswahrscheinlichkeit		4,16E-04	



/7/ Statistische Bundesamt 2019,
 Auslastungsgrad ÖPNV 2017 (Eisenbahnen, U- und S-Bahnen, Linienbusse)

Gefährdungswahrscheinlichkeit

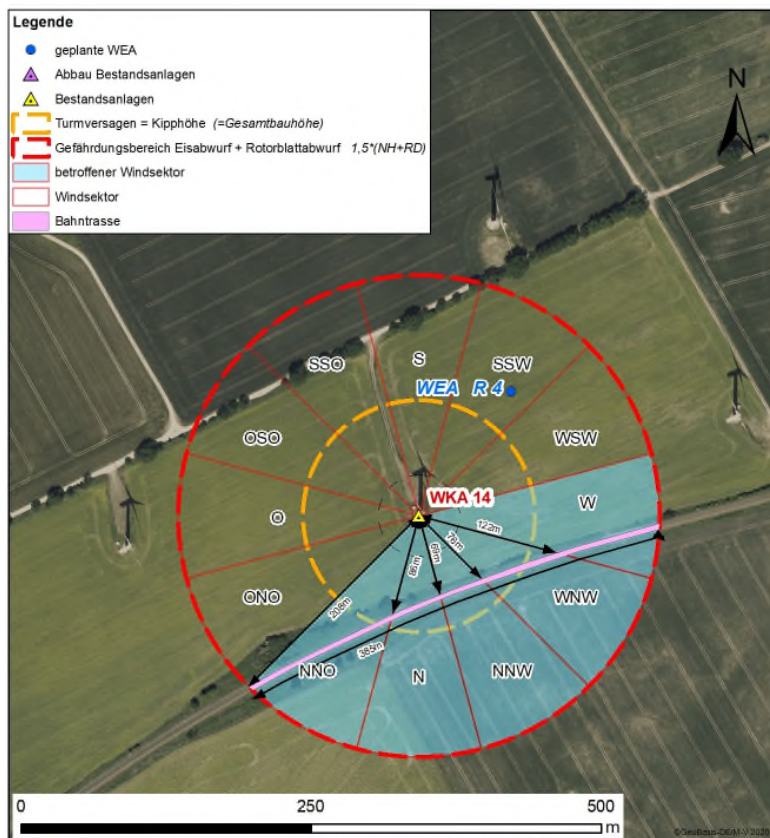
Risikobewertung nach:

1-Kollektives Risiko

1

2-individuelles Risiko

Art	Bahn		
Kategorie		Schiene	
Anzahl der Züge pro Tag		49	UBB Fahrplan 2020
Durchschnittsgeschwindigkeit	km/h	80	Berechnung aus Fahrplan
Strecke im Gefahrenbereich der betrachteten WEA	m	385	graphisch bestimmt
Aufenthaltszeit für 1 Zug	s	17	
Aufenthaltszeit für n Züge	s	849	
max. Anzahl der Personen pro Zug		202	@ wikipedia Zugtyp GTW 2/6"
Zugauslastung		22%	nach /7/
Aufenthaltswahrscheinlichkeit		1,20E-03	
Breite des Schutzobjektes (Zug)	m	3	
Länge des Schutzobjektes (Zug)	m	41	
Fläche Schutzobjekt (Zug)	m ²	123	"@ wikipedia Zugtyp GTW 2/6"
Fahrspuren (ein-/zweigleisig)		1	
Anzahl der Züge im Gefahrenbereich		1	
Anzahl der Personen im Gefahrenbereich		44	
Trefferfläche (5m ² Pro Auto, 0,5m ² pro Person)	m ²	0,5	Person
Gesamttrefferfläche (absolut)	m ²	22	
Trefferwahrscheinlichkeit		1,79E-01	
Gefährdungswahrscheinlichkeit		2,14E-04	



/7/ Statistische Bundesamt 2019,
 Auslastungsgrad ÖPNV 2017 (Eisenbahnen, U- und S-Bahnen, Linienbusse)