Errichtung und Betrieb von

1 Windenergieanlage

des Typs N 149

in Uelitz

Landkreis Ludwigslust-Parchim

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 10
7. Anhänge 10

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 Windenenergieanlage. Für ein Turmversagen liegt die angenommene Ereignishäufigkeit bei etwa 0,01 Prozent pro Jahr und Windenenergieanlage. 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%)“***

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 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/

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

Risikoanalyse	**Risikobewertung**
• Ermittlung der standortspezifischen Gefährdung (z.B. Rotorblattbruch)	• Bewertung der Ergebnisse aus der Risikoanalyse
• Darstellung der Gefährdung (z.B. Gefährdungsbereiche Rotorblattbruch)	• Bewertungsmaßstäbe o Wenn erforderlich Maßnahmen zur Risikominimierung
• Ermittlung des Risikos (Kollektives Risiko, individuelles Risiko	

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.)

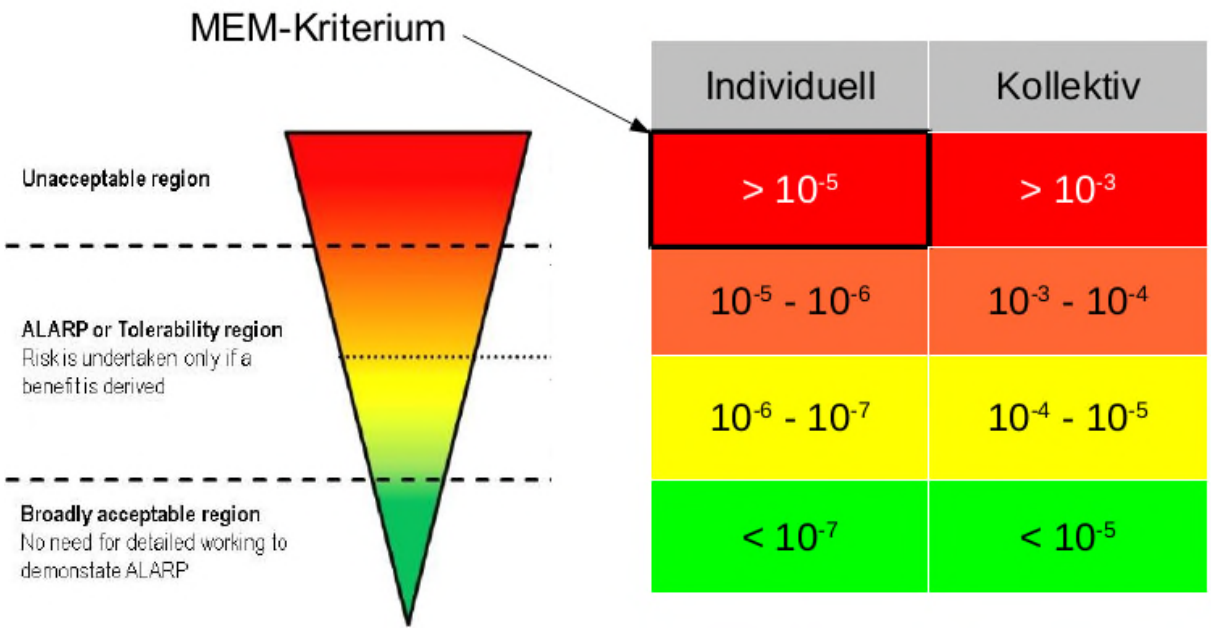


Abbildung 1 Risikobewertung: Grenzwerte nach IEA /2/

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% = $8x10^{-5}$ 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, ja 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% = $4x10^{-5}$ 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% = $2x10^{-5}$

- 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 anlog 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 x 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 8**	**Bestands-WEA 1**	**Bestands-WEA 9**
Anlagentyp:	Nordex N 149	Nordex N90	Nordex S77
Nennleistung [MW]:	5,7	2,5	1,5
Rotordurchmesser [m]:	149,1	90	77
Nabenhöhe [m]:	125,4	80	90
Gondellänge einschließlich Rotornabe [m]:	17,3	k.A.	k.A.

Tabelle 4 projektspezifische WEA – Anlagendaten

Standortspezifische Gefährdungsbereiche	WEA 8	Bestands-WEA 1	Bestands-WEA 9
Eisfall *(=1,5x (Nabenhöhe+Durchmesser)*	411,75 m	255 m	250,5 m
Rotorblattbruch *(wie Eisfall)*	411,75 m	255 m	250,5 m
Turmversagen (=Gesamtanlagenhöhe)	199,9 m	125 m	128,5 m
Aufprallbereich Gondel *(=0,1063 x N_H + L_G / 2+2,0* *siehe Kap. 3.3)*	23,98 m	k.A.	k.A.

Tabelle 5 projektspezifische Gefährdungsbereiche

Zur Bestimmung des kumulierten Risikos wurden die Standorte herangezogen, die bezogen auf das jeweilige Schutzobjekt, die größtmögliche Gefährdungswahrscheinlichkeit durch überlappende Einwirkbereiche von Eisfall, Rotorblattabwurf, Turmversagen und Gondelabwurf einer einzelnen oder mehrerer WEA aufweisen. Die gewählten Standorte sind der Abbildung 2 zu entnehmen.

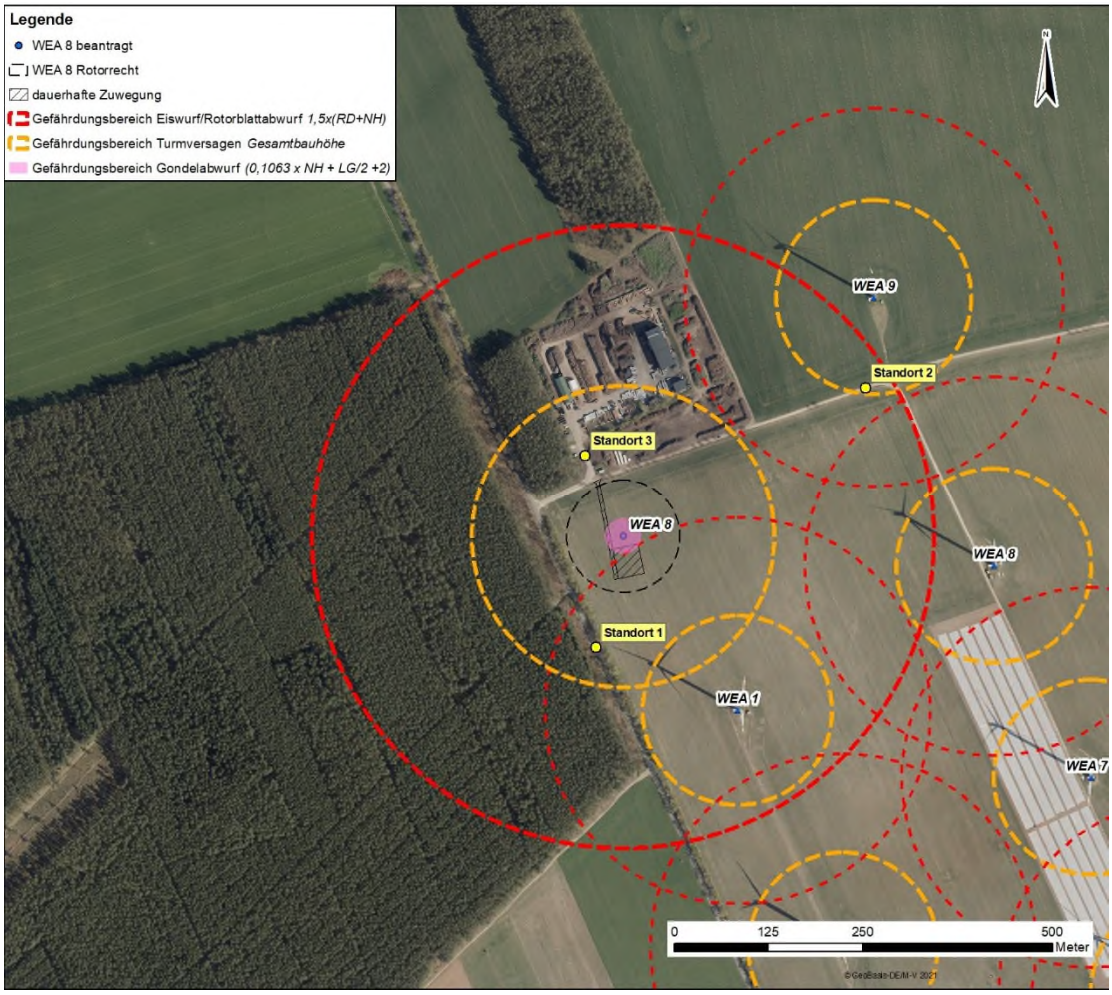


Abbildung 2 Übersicht Gefährdungsbetrachtung (Eiswurf, Eisfall, Gondel-/ Rotorblattabwurf, Turmversagen)

Die Bestimmung des kumulierten Risikos an den Standorten 1 - 3 kann jeweiligen Anhängen 1 - 3 entnommen werden. Sowohl für das Schutzobjekt Gemeindestraße Sülte – Uelitz als auch für das Schutzobjekt Kompostieranlage erfolgt die Einstufung auf Basis des kollektiven Risikos. Für das Schutzobjekt Feldweg erfolgt die Einstufung auf Basis des individuellen Risikos. Die zusammenfassende Bewertung ist der folgenden Tabelle 6 zu entnehmen.

Stand-ort	WEA	Einsatz Eis-Erkennungs-system notwendig	Eisfall und Rotor-blatt abwurf	Turm-ver-sagen	Gondel-abwurf	Gesamtgefährdung	
1	8	ja	ja	ja	nein	8,5E-09	akzeptabel
	Bestands-WEA 1: Nordex N90	notwendig - k.A.	ja	nein	nein		
2	8	ja	ja	nein	nein	2,1E-09	akzeptabel
	Bestands-WEA 9: Nordex S77	notwendig - k.A.	ja	ja	nein		
3	8	ja	ja	ja	nein	2,0E-08	akzeptabel

Tabelle 6 Zusammenfassende Ergebnisse der kumulierenden Gefährdungsbetrachtungen

Für das zu betrachtende Schutzobjekt sind folgende Maßnahmen zur Risikominimierung notwendig:

- Einsatz einer funktionierenden Eiserkennung für die geplante WEA 8

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

„Vorsicht Eisabwurf – Aufenthalt im Windpark auf eigene Gefahr“ (siehe Abbildung 2)

Empfehlung zusätzlicher Maßnahmen zu Risikominimierung:

- Anbringen von Warnschildern an der Gemeindestraße Sülte -Uelitz
- Ausrichtung des stillstehenden Rotors von WEA 8 parallel zur Straße bzw. des Weges

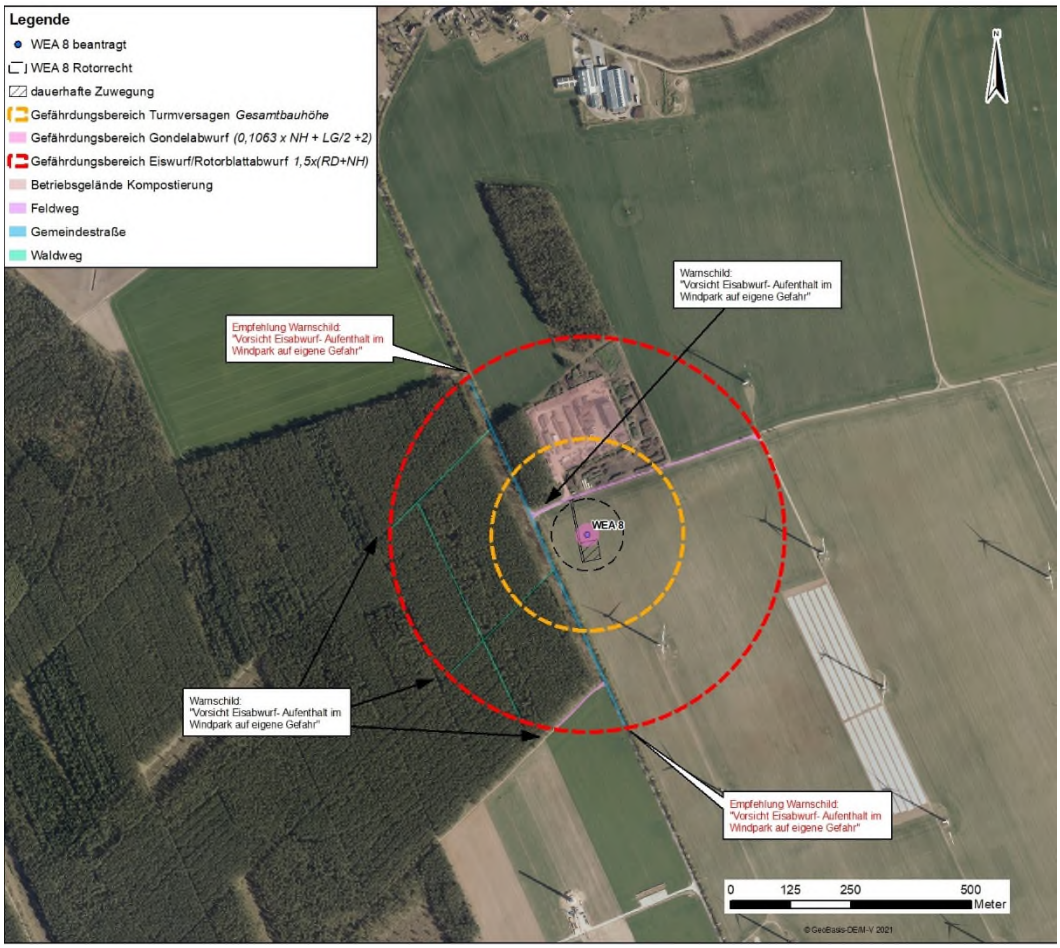


Abbildung 3 Übersicht Schilder

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.keinewindkraftimemmerthal.de/images/Windkraft/Unfallliste_WKA_2017_10_14.pdf

/8/ Veenker, Gutachten zur Gefährdung der Gasleitung in der Nähe von Windkraftanlagen durch Gondelabwurf (2004)

7. Anhänge

Anhang-Nr.	Bestimmung des kumulierten Risikos durch WEA	Schutzobjekt
1	8 + Bestand WEA 1	Gemeindestraße Sülte - Uelitz
2	8 + Bestand WEA 9	Feldweg nördlich der geplanten WEA 8
3	8	Kompostieranlage

Tabelle 7 Auflistung der Anhänge

Schwerin, den 21.01.2021

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

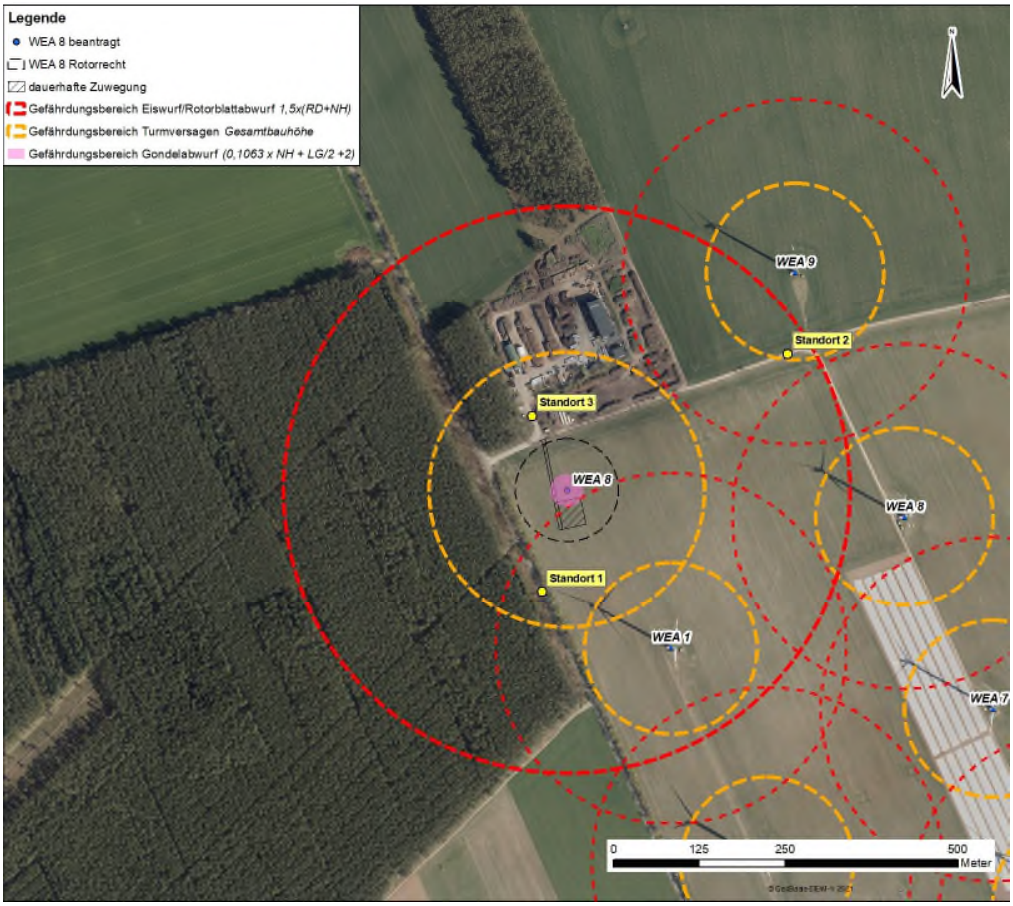
Schutzobjekt: **Gemeindeweg Sülte - Uelitz**

Risikobewertung nach:
1-Kollektives Risiko
2-individuelles Risiko 1

Gefährdungswahrscheinlichkeit am Schutzobjekt (siehe Eisfall) WEA 8	1,67E-05
Gefährdungswahrscheinlichkeit am Schutzobjekt (siehe Eisfall) Bestand-WEA 1	7,88E-06
Ereignishäufigkeit Turmversagen nach /1/	4,0E-05
Ereignishäufigkeit Rotorblattabwurf nach /1/ und /2/	8,0E-05

WEA	Gesamt-gefährdung durch Eisfall	Gesamtgefährdungs-wahrscheinlichkeit des Turmversagens unter Berücksichigung der Gefährdungswahr-scheinlichkeit am Schutzobjekt	Gesamtgefährdungs-wahrscheinlichkeit des Rotorblattabwurfs unter Berücksichigung der Gefährdungswahr-scheinlichkeit am Schutzobjekt	Gesamtgefährdung durch WEA
8	4,0E-09	6,7E-10	1,3E-09	6,0E-09
1	1,9E-09	nicht relevant	6,3E-10	2,5E-09
kumuliertes Risiko				**8,5E-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

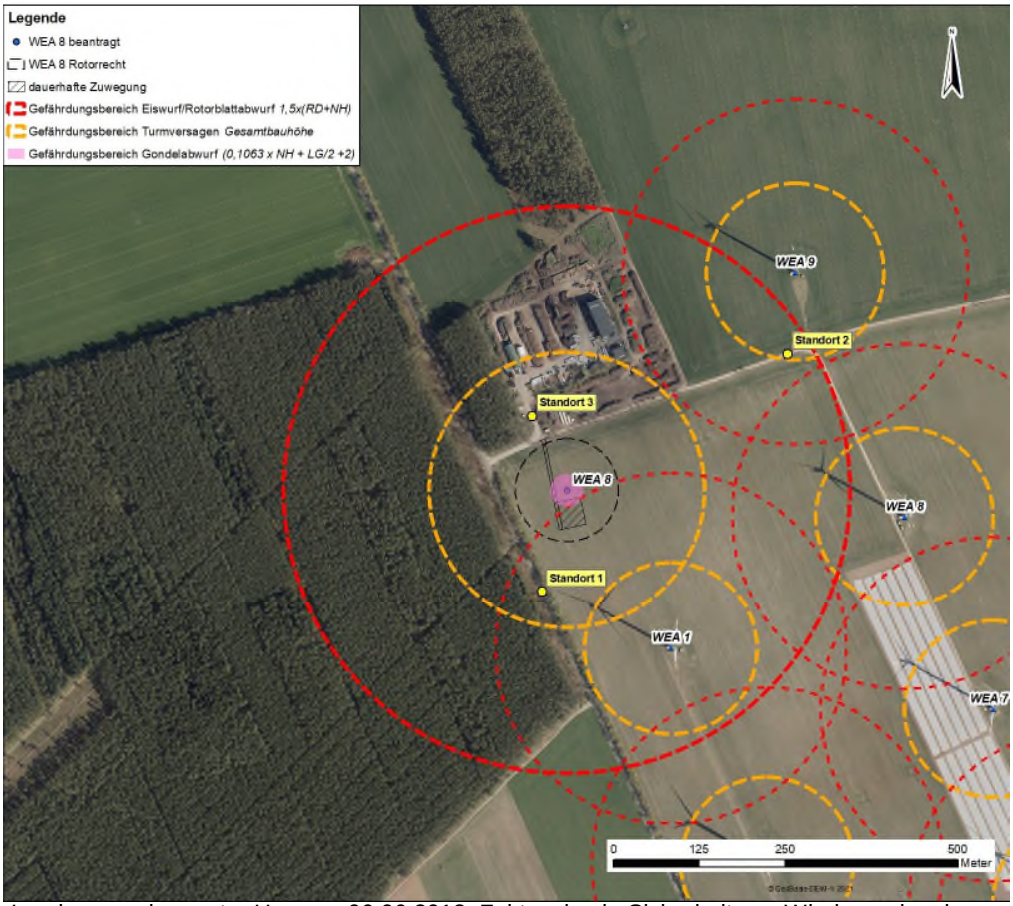
Schutzobjekt: **Feldweg nördlich WEA 8**

Risikobewertung nach:
1-Kollektives Risiko
2-individuelles Risiko 2

Gefährdungswahrscheinlichkeit am Schutzobjekt (siehe Eisfall) WEA 8	2,85E-06
Gefährdungswahrscheinlichkeit am Schutzobjekt (siehe Eisfall) Bestand-WEA 9	2,14E-06
Ereignishäufigkeit Turmversagen nach /1/	4,0E-05
Ereignishäufigkeit Rotorblattabwurf nach /1/ und /2/	8,0E-05

WEA	Gesamt-gefährdung durch Eisfall	Gesamtgefährdungs-wahrscheinlichkeit des Turmversagens unter Berücksichigung der Gefährdungswahr-scheinlichkeit am Schutzobjekt	Gesamtgefährdungs-wahrscheinlichkeit des Rotorblattabwurfs unter Berücksichigung der Gefährdungswahr-scheinlichkeit am Schutzobjekt	Gesamtgefährdung durch WEA
8	1,0E-09	nicht relevant	2,3E-10	1,2E-09
9	6,1E-10	8,6E-11	1,7E-10	8,7E-10
kumuliertes Risiko				**2,1E-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 3

Gesamtgefährdung - Bestimmung des kumulierten Risikos

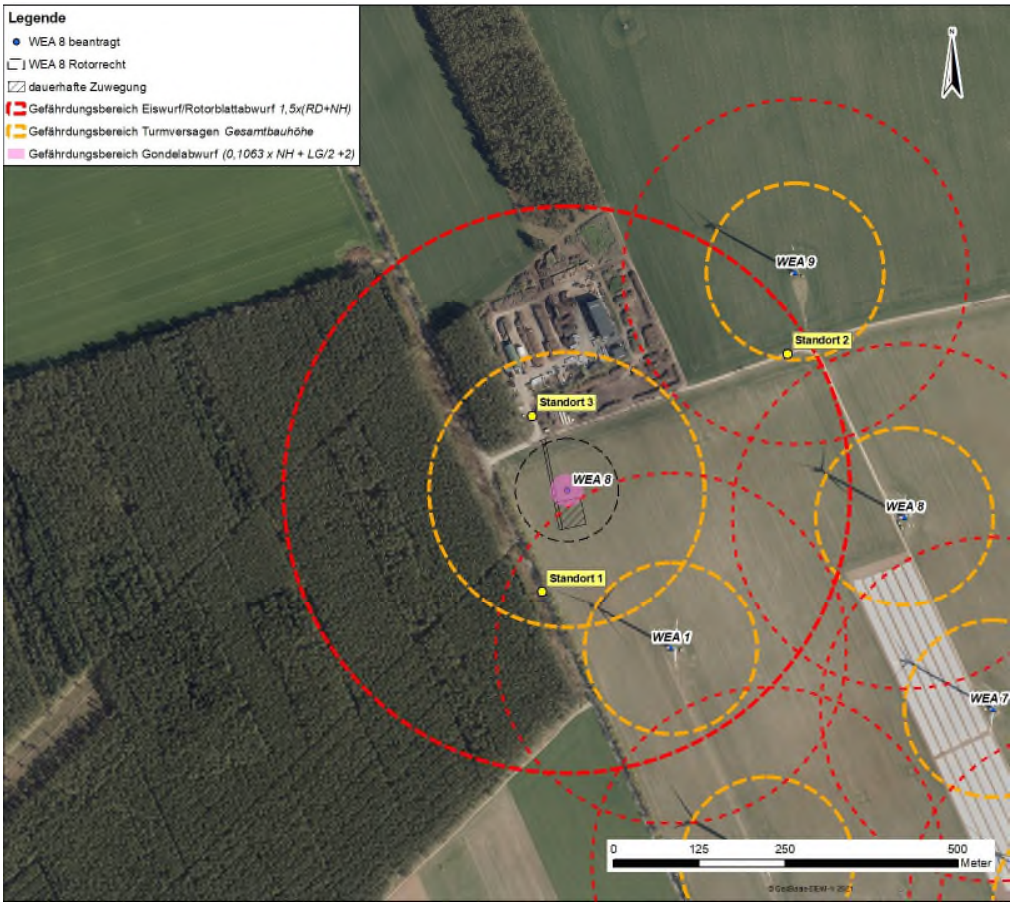
Schutzobjekt: **Kompostieranlage nördlich WEA 8**

Risikobewertung nach:
1-Kollektives Risiko
2-individuelles Risiko 1

Gefährdungswahrscheinlichkeit am Schutzobjekt (siehe Eisfall) WEA 8	4,45E-05
Ereignishäufigkeit Turmversagen nach /1/	4,0E-05
Ereignishäufigkeit Rotorblattabwurf nach /1/ und /2/	8,0E-05

WEA	Gesamt-gefährdung durch Eisfall	Gesamtgefährdungs-wahrscheinlichkeit des Turmversagens unter Berücksichigung der Gefährdungswahr-scheinlichkeit am Schutzobjekt	Gesamtgefährdungs-wahrscheinlichkeit des Rotorblattabwurfs unter Berücksichigung der Gefährdungswahr-scheinlichkeit am Schutzobjekt	Gesamtgefährdung durch WEA
8	1,5E-08	1,78E-09	3,6E-09	2,0E-08
kumuliertes Risiko				**2,0E-08**

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