

Bericht	GICON®
Klassifikation: vertraulich	
Projekt	Windenergieprojekt Repowering Bückwitz
Komponente / System	Risikobeurteilung für Eisfall
Dokument	P250376FCI_Eisrisiko_Bückwitz_Rev00

Gutachten zum Risiko durch Eisfall für vier WEA vom Typ V162 der Eurowind Energy GmbH im Windenergieprojekt Repowering Bückwitz

Empfänger	Auftraggeber	Eurowind Energy GmbH August-Bebel-Straße 48 16816 Neuruppin
	Ansprechpartner	Eileen Lange
	E-Mail	ela@eurowindenergy.com
GICON	Projektleiter	Ingo Warnke
	E-Mail	i.warnke@gicon.de
	Projektnummer	P250376FCI
Dokument	Revision	00
	Seiten	14
	Status	endgültig
	Klassifikation	vertraulich

Verfasser	Prüfer	Freigabe
Ingo Warnke i.warnke@gicon.de	Konstantin Rode k.rode@gicon.de	Dr.-Ing. Frank Adam f.adam@gicon.de

Bericht	GICON®
Klassifikation: vertraulich	
Projekt	Windenergieprojekt Repowering Bückwitz
Komponente / System	Risikobeurteilung für Eisfall
Dokument	P250376FCI_Eisrisiko_Bückwitz_Rev00

Revisionsindex

Revision	Datum	Autor	Thema
00	03.09.2025	Ingo Warnke	Ersterstellung für Eurowind

Index

Gutachten zum Risiko durch Eisfall für vier WEA vom Typ V162 der Eurowind Energy GmbH im Windenergieprojekt Repowering Bückwitz	1
1 Kurzzusammenfassung	3
2 Einführung	3
3 Allgemeine Grundlagen	3
3.1 Eiswurf/-fall	4
4 Standortspezifische Daten und Berechnungen	5
4.1 Schutzobjekte	6
4.2 Eisfall	7
5 Literatur-/Quellenverzeichnis	14

Bericht	GICON®
Klassifikation: vertraulich	
Projekt	Windenergieprojekt Repowering Bückwitz
Komponente / System	Risikobeurteilung für Eisfall
Dokument	P250376FCI_Eisrisiko_Bückwitz_Rev00

1 Kurzzusammenfassung

Es wird beim Eisrisiko für alle Anlagen nur der Eisfall betrachtet, alle WEA müssen also mit Optionen zur Eiserkennung ausgerüstet werden (DNV Energy Systems, 2021). Dann haben die WEA 2 und WEA 3 keine Treffer auf Schutzobjekte. Das Todesrisiko durch Eisfall von der WEA 1 auf den Dreetzer Weg liegt knapp über 1% des maximal zulässigen Grenzwertes, das der WEA 4 auf die Eisenbahnstrecke deutlich darunter bei 0,05% des maximal zulässigen Grenzwertes.

Alle diese Werte sind so akzeptabel.

2 Einführung

Die Eurowind Energy GmbH plant im Dreieck Bückwitz, Neustadt (Dosse) und Segeletz im Landkreis Ostprignitz-Ruppin (Bundesland Brandenburg) die Errichtung und den Betrieb von vier Windenergieanlagen (WEA) im Zuge des Repowering im Windpark Bückwitz. Alle WEA sind vom Typ Vestas V162 mit einem Rotordurchmesser von 162 m und einer Nabenhöhe von 169 m.

Für die Erstellung der Antragsunterlagen ist hinsichtlich einer Gefährdung der Umgebung durch Eiswurf bzw. Eisfall ein Gutachten erforderlich. Dieses Gutachten wird mit diesem Bericht erbracht.

3 Allgemeine Grundlagen

Grundlagen des Gutachtens bilden die in gesetzlichen Normen festgelegten und in der üblichen Praxis durchgeführten Vorgehensweisen, Grenzwerte, Berechnungen usw. Insbesondere wird in den vom **DIBt herausgegebenen technischen Baubestimmungen** (DIBt, 2021) eine standortspezifische Untersuchung gefordert, falls Gebäude oder Verkehrswege näher als $1,5 \cdot (\text{Nabenhöhe} + \text{Rotordurchmesser})$ an einer WEA liegen. Bei größeren Abständen ist eine solche Untersuchung für Eis und versagende Türme nicht notwendig.

Für das Gebiet um die WEA sind **Schutzobjekte** zu definieren, die dann im Weiteren bezüglich der verschiedenen Risiken untersucht werden.

Als Ziel für die Betrachtung wird gesetzt, dass eine WEA die „**minimale endogene Sterblichkeit**“ (Todesrisiko ohne äußere Einflüsse) nicht wesentlich erhöht. Damit ergeben sich bestimmte, nicht zu überschreitende Grenzwerte für Schädigungswahrscheinlichkeiten von Personen (Deutsches Institut für Normung, 2000).

Diese Grenzwerte sind davon abhängig, welche Personengruppen sich in einem Schutzobjekt aufhalten können. Ist dies eine sehr begrenzte Gruppe (z.B. Familienangehörige auf einem Privatgrundstück), wird das **Einzelrisiko** der am meisten gefährdeten Person betrachtet, dieses Todesrisiko darf den Wert von 10^{-5} **Todesfälle pro Jahr** nicht überschreiten. Sind in einem Schutzobjekt jedoch im Laufe der Zeit viele verschiedene Menschen anzutreffen (z.B. auf öffentlichen Straßen und Wegen), wird das **Gruppenrisiko** betrachtet, d.h. die mittlere Anzahl von durch einen Schadensfall verursachten Todesfällen. Der maximal erlaubte Grenzwert dafür ist 10^{-3} **Todesfälle pro Jahr**.

Bericht	GICON®
Klassifikation: vertraulich	
Projekt	Windenergieprojekt Repowering Bückwitz
Komponente / System	Risikobeurteilung für Eisfall
Dokument	P250376FCI_Eisrisiko_Bückwitz_Rev00

3.1 Eiswurf/-fall

Die Eisbewegung wird mit Hilfe einer aerodynamischen Simulation viele Millionen Male berechnet, wobei jedes Mal andere Werte für Windrichtung und -geschwindigkeit, Azimut-Ausrichtung, Drehzahl, Loslösungspunkt vom Blatt und Eismasse angenommen werden. Dabei sind Windrichtung und -geschwindigkeit die wichtigsten Parameter, da diese den Bereich einiger abgeleiteter Parameter bestimmen. Diese Werte werden entsprechend den am Standort gültigen Windbedingungen zufällig gewählt, so dass sich mit der großen Anzahl der berechneten Simulationen ein gutes Bild für die Verteilung der Auftreffpunkte des Eises ergibt.

Da alle vier WEA mit Eiserkennungsanlagen ausgerüstet werden (DNV Energy Systems, 2021) wird **nur Eisfall** betrachtet.

Des Weiteren wird bestimmt, wie oft ein Eislösungs-Ereignis (mit anschließendem Eisfall) pro Jahr überhaupt stattfindet. Das hängt sowohl von der Anzahl der Eistage am Standort als auch von der angenommenen mittleren Anzahl der Eislösungsereignisse pro Eistag ab.

Zusammen ergibt sich daraus die Häufigkeit von Eistreffern auf die Schutzobjekte pro Jahr. Es wird über Verkehrsdaten ermittelt, wie oft Personen sich im Schutzobjekt aufhalten.

Bericht	GICON®
Klassifikation: vertraulich	
Projekt	Windenergieprojekt Repowering Bückwitz
Komponente / System	Risikobeurteilung für Eisfall
Dokument	P250376FCI_Eisrisiko_Bückwitz_Rev00

4 Standortsspezifische Daten und Berechnungen

Es handelt sich bei den vier WEA um Anlagen vom Typ Vestas V162. Die folgende Tabelle gibt die Positionen in UTM 33 Koordinaten an.

Tabelle 1: Typ, Koordinaten (UTM 33) und Höhenwerte der betrachteten WEA

Nr.	Typ	Rechtswert in m	Hochwert in m	Geländehöhe in m	Nabenhöhe in m
WEA 1	V162	330.669,93	5.859.130,26	35	169
WEA 2	V162	330.522,00	5.858.737,00	35	169
WEA 3	V162	330.847,21	5.858.844,50	36	169
WEA 4	V162	330.884,27	5.858.394,70	38	169

Die vier WEA sollen im Zuge eines Repowering südlich von Bückwitz und östlich von Neustadt (Dosse) errichtet werden. Die bereits vorhandenen WEA (die dann teilweise zurückgebaut werden) sind in der folgenden Abbildung 1 ebenfalls zu erkennen.



Abbildung 1: Die Positionen der neuen geplanten Anlagen WEA 1 - WEA 4. Oben im Bild befindet sich Bückwitz. Links im Bild in einiger Entfernung Neustadt (Dosse).

Bericht	GICON®
Klassifikation: vertraulich	
Projekt	Windenergieprojekt Repowering Bückwitz
Komponente / System	Risikobeurteilung für Eisfall
Dokument	P250376FCI_Eisrisiko_Bückwitz_Rev00

4.1 Schutzobjekte

Laut Eurowind Energy sind als Schutzobjekte nur der „Dreetzer Weg“ westlich der WEA und die südlich der WEA verlaufende „Eisenbahntrasse“ zu betrachten. Diese sind in der folgenden Abbildung 2 dargestellt.

Es wird initial ein großes Gebiet als Kontrollgebiet erstellt. Die Grenzen dieses Kontrollgebietes liegen so, dass sowohl das Schutzobjekt Dreetzer Weg als auch das Schutzobjekt Eisenbahntrasse vollständig in diesem Kontrollgebiet liegen und die Enden beider Schutzobjekte mehr als 700 m von den WEA entfernt sind. Es wird a-priori angenommen wird, dass alle Eisstücke bei Eisfall komplett innerhalb dieses Kontrollgebietes zu liegen kommen. Diese Annahme wurde mit Hilfe der Simulationsergebnisse verifiziert.

Der Dreetzer Weg ist nicht mehr in seiner vollen Länge öffentlich gewidmet, der öffentlich gewidmete Teil endet in der Nähe der WEA 2 (siehe Abbildung 2). Nur dieser wird betrachtet.



Abbildung 2: Die Schutzobjekte Dreetzer Weg (öffentlicher Teil) (in rot) und die Eisenbahntrasse (in weiß) bei den vier WEA. Zusätzlich das Kontrollgebiet (in gelb) um sicherzustellen, dass die Schutzobjekte nicht zu klein gewählt wurden.

4.1.1 Risikoart

Die 2 Schutzobjekte sind Wegeschutzobjekte (dort findet Auto- bzw. Zugverkehr statt). Der Dreetzer Weg wird von vielen Personen genutzt, dort wird deshalb das Gruppenrisiko (maximal erlaubter Grenzwert von $1 \cdot 10^{-3}$ getöteten Personen pro Jahr, siehe Kapitel 3) betrachtet. Auf der Eisenbahntrasse liegt nur Güterverkehr vor, dort wird das Risiko des sich dort am häufigsten aufhaltenden Zugführers betrachtet (maximal erlaubte Todeswahrscheinlichkeit von $1 \cdot 10^{-5}$ pro Jahr).

Bericht	GICON®
Klassifikation: vertraulich	
Projekt	Windenergieprojekt Repowering Bückwitz
Komponente / System	Risikobeurteilung für Eisfall
Dokument	P250376FCI_Eisrisiko_Bückwitz_Rev00

4.2 Eisfall

4.2.1 Simulation der Eisbewegung

Als Anfangswerte für die Simulation von Eisfall wurden die am Ort vorliegenden Windbedingungen betrachtet, so dass die Häufigkeiten der verschiedenen Kombinationen aus Windrichtung und Windgeschwindigkeit richtig abgebildet werden. Die Tabelle 2 unten enthält die Häufigkeiten der Kombinationen aus Windgeschwindigkeit und Windrichtung in 200 m Höhe (der ersten verfügbaren über Nabenhöhe der höheren WEA).

Tabelle 2: Kombinationen aus Windgeschwindigkeit und -richtung am Standort in 200 m Höhe, Zahlen geben die Auftretenshäufigkeit in Stunden pro Jahr der Kombination an.

WindBin	N	NNO	ONO	O	OSO	SSO	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW
0	7,9	7,9	6,6	6,9	6,5	7,5	8,0	7,6	7,6	7,1	7,3	7,2
1	19,8	17,5	19,7	20,6	20,4	19,1	22,4	22,6	24,9	24,2	24,5	20,3
2	35,0	30,4	31,7	35,7	33,8	32,3	32,3	38,1	39,7	42,8	42,8	36,5
3	41,4	36,8	41,1	47,7	45,8	42,1	41,9	47,1	54,6	64,5	61,1	52,5
4	44,8	43,0	49,7	56,4	52,6	48,6	45,8	50,4	70,7	83,1	83,9	59,0
5	47,7	47,7	60,5	68,7	62,2	54,4	50,0	60,7	79,9	108,4	98,7	66,2
6	48,4	49,2	62,2	75,3	66,9	53,9	49,0	62,3	89,5	129,4	113,1	67,1
7	44,3	48,1	62,1	80,4	69,0	55,6	48,5	65,3	107,4	149,6	125,1	64,2
8	34,3	42,4	60,1	73,3	63,9	54,3	49,5	71,6	118,6	167,5	116,2	48,0
9	26,4	31,2	51,4	69,7	67,3	47,5	46,3	80,4	137,2	172,3	98,7	34,4
10	15,2	18,0	33,0	60,9	61,1	42,7	48,4	95,7	152,0	155,4	81,0	21,7
11	7,1	9,8	17,6	47,6	55,7	35,2	46,3	96,0	123,2	118,1	49,7	11,0
12	2,6	2,5	7,5	29,6	33,8	28,2	31,6	80,3	79,1	83,4	32,2	5,9
13	1,4	0,6	2,8	13,6	13,1	13,8	18,6	51,1	51,2	53,2	19,8	3,6
14	0,4	0,1	1,5	3,0	3,6	5,0	8,5	22,2	33,2	38,1	11,2	1,9
15	0,3	0,1	0,3	0,4	0,9	1,4	3,7	9,6	18,3	27,2	8,3	1,1
16	0	0	0	0,3	0,1	0,2	1,9	4,3	10,4	21,0	6,6	0,9
17	0	0	0	0,1	0	0,1	0,7	1,9	7,7	11,7	3,9	0,2
18	0	0	0	0	0	0	0,1	1,1	4,2	7,3	1,8	0,0
19	0	0	0	0	0	0	0	0,4	2,2	5,0	0,9	0,1
20	0	0	0	0	0	0	0	0,2	1,1	3,0	0,3	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1,3	0,2	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1,1	0,4	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,5	0,2	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,1	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0

Bericht	GICON®
Klassifikation: vertraulich	
Projekt	Windenergieprojekt Repowering Bückwitz
Komponente / System	Risikobeurteilung für Eisfall
Dokument	P250376FCI_Eisrisiko_Bückwitz_Rev00

Die zu Grunde liegenden Winddaten stammen vom „Copernicus regional reanalysis for Europe“ (CERRA) Programm für den Zeitraum von 1999 - 2024. Die Quelle der Daten ist das Programm windPRO, das diese Daten als ca. 200.000 Datensätze von gleichzeitig bestimmten Windgeschwindigkeiten und -richtungen in Höhen von 15, 50, 75, 100, 150, 200, 300 und 500 m über Grund in Textform bereitstellt. Diese Daten entsprechen 1 h-Mittelwerten.

Im Intervall von -30 bis 1 °C wird eine Temperatur bestimmt, aus der die Luftdichte berechnet wird und die Größe des abfallenden Eisstückes (0 °C: 2 cm Durchmesser, -30 °C: 12 cm Durchmesser, linear interpoliert). In 75% der Zeit wird eine Temperatur von -10 bis 1 °C angenommen, in 20% der Zeit von -20 bis -10°C und in den verbleibenden 5% der Zeit von -30 bis -20 °C. Das Eisstück löst sich gleichverteilt von einem beliebigen Punkt des Rotorblattes. Das Rotorblatt befindet sich gleichverteilt auf seinem Umlauf.

Abhängig von der Windgeschwindigkeit wird der potenzielle Bereich der Rotordrehzahl durch eine Windgeschwindigkeits-Rotordrehzahlkurve ermittelt.

Bei Eisfall (die Anlage trudelt nur und produziert keine Energie) stammt diese aus der aeroelastischen Simulation einer Vergleichsanlage. Die erhaltenen Werte wurden mit dem Sicherheitsfaktor 1,35 multipliziert, um etwaige Unsicherheiten abzudecken.

Die Rotordrehzahl wird als zufällig im Bereich 95 – 105 % des Kurvenwertes für die in der Einzelsimulation bestimmten Nabenwindgeschwindigkeit angenommen.

Zuletzt wird die Azimut-Ausrichtung der Gondel bestimmt. Bei Windgeschwindigkeiten > 3 m/s wird die Anlage nachgeführt, so dass für die Gondel eine Abweichung von der Windrichtung gleichverteilt aus dem Intervall [-15°, 15°] angenommen wird. Da bei unter 3 m/s Windgeschwindigkeit keine Nachführung stattfindet, ist dort die Gondelstellung zufällig über die Windrose verteilt.

Nachdem so die Anfangsbedingungen der Eisbewegung bestimmt wurden, erfolgt die aerodynamische Berechnung der Flugbahn des Eisstücks bis zum Auftreffen auf dem Boden. Anfangswerte und Daten zum Auftreffen auf dem Boden (Ort, Geschwindigkeit) werden in eine Log-Datei protokolliert. Insgesamt wurden so 50 Millionen Eisfall-Lastfälle berechnet, die für alle WEA verwendet werden (gleicher Typ, flaches Gelände).

Bericht	GICON®
Klassifikation: vertraulich	
Projekt	Windenergieprojekt Repowering Bückwitz
Komponente / System	Risikobeurteilung für Eisfall
Dokument	P250376FCI_Eisrisiko_Bückwitz_Rev00

4.2.2 Eislösungshäufigkeit

Die Jahreshäufigkeit von Eisbildung wird anhand einer Karte basierend auf (Wichura, 2013) bestimmt.

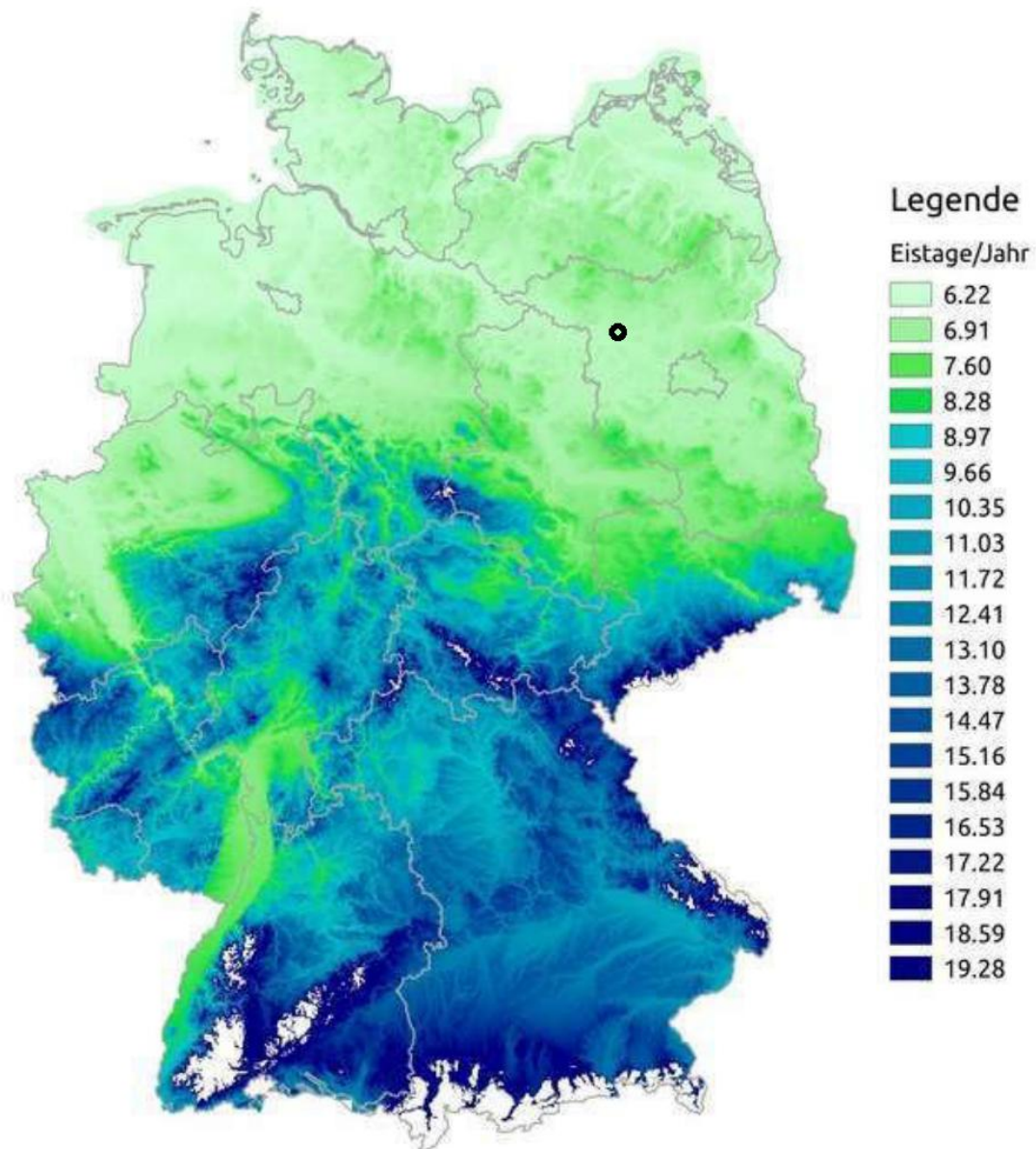


Abbildung 3: Verteilung der Eistage in Deutschland unterhalb 700m NN, der WEA-Standort ist markiert

Es ergeben sich 6,91 Eistage im Jahr für den Standort in der Nähe von Neustadt (Dosse). Die Vereisung des Blattes und Loslösung von Teilen davon erfolgt an Eistagen wiederholt. Es wird daher von 200 Eislösungs-Ereignissen pro Eistag für jede der vier WEA ausgegangen. Es ergeben sich damit jeweils $200 \times 6,91 = 1.382$ Eislösungsereignisse pro Jahr für jede der vier WEA.

Bericht	GICON®
Klassifikation: vertraulich	
Projekt	Windenergieprojekt Repowering Bückwitz
Komponente / System	Risikobeurteilung für Eisfall
Dokument	P250376FCI_Eisrisiko_Bückwitz_Rev00

4.2.3 Verkehrsdaten

Die folgende Abbildung zeigt den öffentlichen Teil des Dreetzer Weges. Es ist erkennbar, dass von diesem öffentlichen Teil nur die landwirtschaftlichen Flächen (und die dort installierten WEA) östlich und westlich des Dreetzer Weges auf den eingezeichneten Wegen (Symbole ---) erreichbar sind. Die Verbindung nach Süden über den privaten Teil des Dreetzer Weges, die über die rechts unten im Bild zu sehende Bahnlinie führt, ist nicht mehr öffentlich nutzbar.

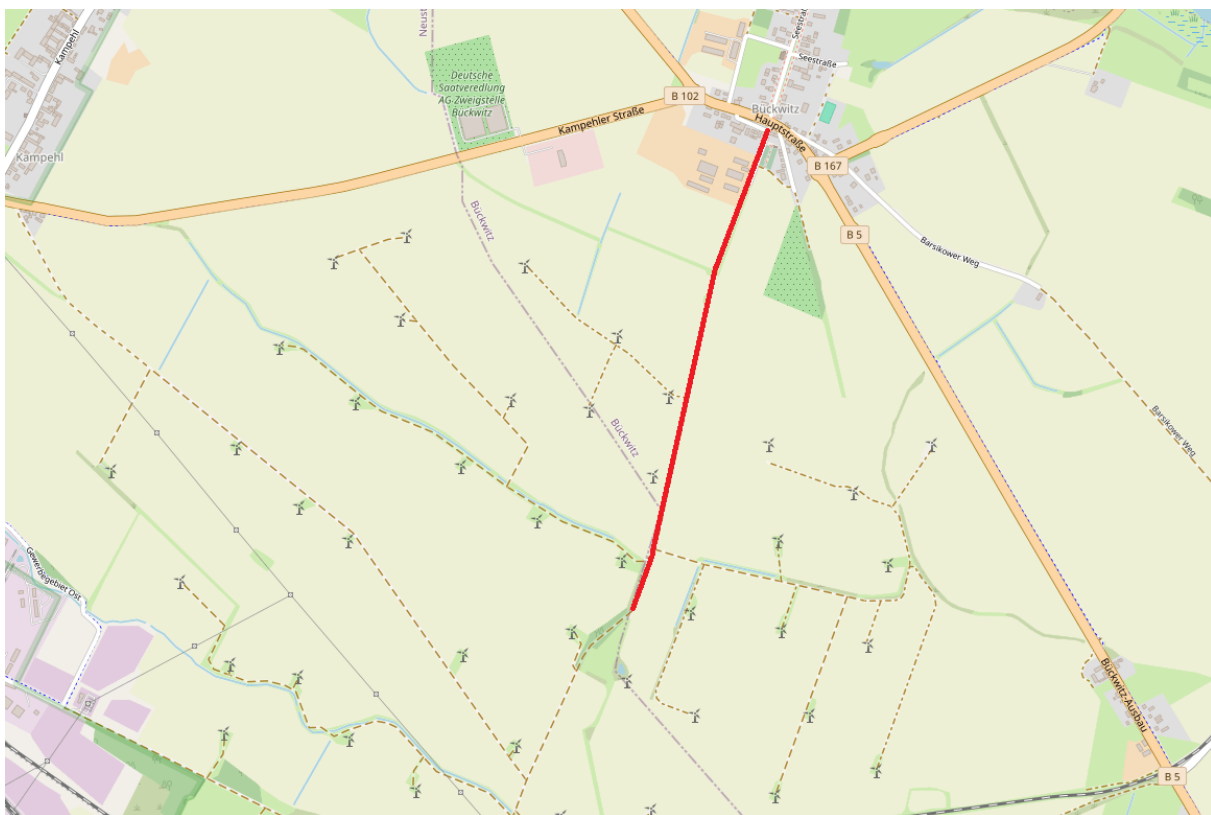


Abbildung 4: Öffentlicher Teil des Dreetzer Weges

Im Winter bei Eiswetter wird auf diesen Flächen keine landwirtschaftliche Arbeit betrieben. Es wird deshalb nur von 1 Kfz pro Tag ausgegangen, dass in Bückwitz irrtümlich in den Dreetzer Weg abbiegt und am Ende wendet und wieder zurück nach Bückwitz fährt.

Dies entspricht einem Verkehrsaufkommen von 2 Kfz/24 h und wegen des Straßenzustandes (Feldweg) wird eine mittlere Geschwindigkeit von 20 km/h angenommen.

Es bleibt das Schutzobjekt Eisenbahnstrecke zu betrachten. Dieser Abschnitt des Bahnnetzes wird von der Regio Infra Nord-Ost GmbH & Co. KG (kurz RIN) bewirtschaftet. Die RIN hat auf ihrer Webseite verschiedene Informationen zu ihrem Streckennetz veröffentlicht, unter anderem die Kapazitätsauslastung zu Beginn des Jahres 2023 (Regio Infra Nord-Ost GmbH & Co. KG, 2023) als pdf.

Bericht	GICON®
Klassifikation: vertraulich	
Projekt	Windenergieprojekt Repowering Bückwitz
Komponente / System	Risikobeurteilung für Eisfall
Dokument	P250376FCI_Eisrisiko_Bückwitz_Rev00

Dort wird die Auslastung der relevanten Strecke von Neustadt (Dosse) nach Neuruppin wie folgt angegeben:

6946.01	Neustadt (D) Städtebf	Neuruppin West	2 Gz jew. Mo+Mi+Fr
---------	-----------------------	----------------	--------------------

Abbildung 5: Auslastung der Eisenbahnstrecke südlich der geplanten WEA

Es waren also zu diesem Zeitpunkt dort **6 Güterzüge pro Woche** unterwegs. Aktuelle oder geplante Änderungen in der Frequentierung waren von RIN nicht zu erhalten. Es wird konservativ von einer Verdreifachung der ermittelten Streckenauslastung während der Betriebszeit der WEA ausgegangen, also 18 Züge pro Woche.

Wie beim Dreetzer Weg wird auch bei der Eisenbahnstrecke die Anzahl der getroffenen Fahrzeuge je Treffer im Schutzgebiet berechnet. Das Verkehrsaufkommen wurde oben abgeschätzt, die Fahrgeschwindigkeit ist mit 50 km/h auf gerader Strecke angenommen.

4.2.4 Aus und Bewertung Eisfall

Für die Eistreffer auf den Dreetzer Weg wurden nur Eistreffer mit einer Auftreffenergie größer als 28,1 J berücksichtigt.

Dieser Schwellwert entspricht dem oberen Energiewert der Hagelklasse H3 („Großer Hagel“) in „Hagel-Skala.pdf“ (Kaschuba, 2008), heruntergeladen am 07.05.2025. Untersuchungen zum Hagel und seinen Schäden sind direkt auf Eisfall anwendbar. Dort wird bis zu dieser Hagelklasse das Standhalten von Autoscheiben im Allgemeinen angenommen, mit möglichen Schädigungen im Einzelfall. Das Durchdringen der Autoscheibe ist erst bei größeren Energien zu erwarten. Die Skala lehnt sich an die in wissenschaftlichen Arbeiten verwendete ANELFA-Skala für Hagelintensität an (J.Dessens, 2007), verwendet jedoch eine etwas andere Unterteilung der Klassen.

Die von der Europäischen Union herausgegebene Regulierung der Testverfahren für die Zertifizierung von Sicherheitsglas in Fahrzeugen (EU, 2010) stellt dabei höhere Anforderungen, die diesen Schwellwert abdecken.

Für die Eisenbahnstrecke wird keine Filterung bezüglich des Energiewertes vorgenommen, es werden alle Eistreffer gezählt.

Es ergibt sich folgende Tabelle:

Tabelle 3: Jährliche Eisfall-Trefferzahlen der WEA auf die Wegeschutzobjekte. Nicht aufgeführte WEA entsprechen keinen Treffern.

WEA	Dreetzer Weg (> 28,1 J)	Eisenbahnstrecke
WEA 1	$8,54 \cdot 10^{-1}$	
WEA 4		$4,53 \cdot 10^{-3}$

Beim Dreetzer Weg werden alle Treffer mit Energie > 28,1 J auf dem Straßengebiet gezählt. Bei der Eisenbahnstrecke werden Treffer von der Seite (dort befinden sich die WEA aus Sicht eines Zuges) in einem Höhenabschnitt von 30 cm (Kopflänge) gezählt. Es wird angenommen, dass alle solchen direkten Kopftreffer

Bericht	GICON®
Klassifikation: vertraulich	
Projekt	Windenergieprojekt Repowering Bückwitz
Komponente / System	Risikobeurteilung für Eisfall
Dokument	P250376FCI_Eisrisiko_Bückwitz_Rev00

durch das Seitenfenster der Lokomotive zu einem tödlichen Unfall führen, andere Treffer auf den Körper oder gar nur auf den Zug jedoch nicht.

Es wird aus den Verkehrsdaten ein mittlerer Abstand zwischen den Fahrzeugen berechnet.

Ein Verkehrsweg ist nicht vollständig von Fahrzeugen ‚bedeckt‘, der mittlere Abstand von einem Fahrzeug zum nächsten lässt sich durch die Formel $l_w = v \cdot 24h/h_v$ berechnen. Bei einer Breite b_w des Verkehrsweges ist damit ein Fahrzeug auf einer Fläche der Größe $A_w = l_w \cdot b_w$ allein (d.h. kein anderes Fahrzeug ist dort).

Findet auf dieser Fläche ein Eistreffer statt, ist das Fahrzeug nur dann betroffen, wenn die für das Fahrzeug relevante Fläche A_f getroffen wird. Diese ergibt sich als Produkt der Breite b_f und der (relevanten) Länge l_f des Fahrzeuges. Treffer auf Ladeflächen von LKW verursachen kein Risiko für Personenschäden, es wird dieselbe relevante Länge wie für PKW angenommen. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Eistreffer auf dem Verkehrsweg also tatsächlich zu einem Treffer auf ein Fahrzeug führt, ist damit $p_f = A_f / A_w$.

Die Fahrzeuglänge $l_f = 4,5$ m entspricht der Länge eines PKW bzw. des Führerhauses eine LKW. Die Fahrzeugbreite von $b_f = 2,5$ m entspricht dem Mittel der maximalen Breite von PKW (2,3 m) und LKW (2,7 m).

Wieder spielt die mittlere Anzahl der Personen in dem Fahrzeug (M_f) eine Rolle, denn bei einem Eistreffer mit Unfall sind diese auch betroffen. Für Kfz liegt dieser Wert in Deutschland im Mittel bei 1,4 Personen, nach (infas, DLR, IVT und infas360, 2019) Seite 3.

Analoges gilt für die Eisenbahnstrecke und einen dort fahrenden Zug. Die relevante Länge des Fahrzeuges (l_f) ist dort das 0,5 m lange Seitenfenster in der Lokomotive, durch das das Eis den Zugführer treffen kann.

Tabelle 4: Berechnung der getroffenen Personen auf jedem Wegeschutzobjekt je Eistreffer darauf

beeinflussender Faktor	Einheit	Quelle	Dreetzer Weg	Eisenbahnstrecke
Verkehrsaufkommen h_v	Fahrzeug /24 h	Verkehrsdaten Brandenburg /Annahme	2	2,57
Fahrgeschwindigkeit v	km/h	geschätzt	20	50
Länge mittler Abstand l_w	m	berechnet: $v \cdot 24h / h_v$	240.000	466.667
Wegbreite b_w	m	Google Earth	5,5	3
Wegfläche mit 1 Fahrzeug A_w	m ²	berechnet: $l_w \cdot b_w$	1.320.000	1.400.000
relevante Länge Fahrzeug l_f	m	Fahrzeugdaten	4.5	0,5
relevante Breite Fahrzeug b_f	m	Fahrzeugdaten	2.5	3
Trefferfläche Fahrzeug A_f	m ²	berechnet: $l_f \cdot b_f$	11,25	1,5
Trefferwahrscheinlichkeit Fahrzeug p_f	[-]	berechnet: A_f/A_w	$8,52 \cdot 10^{-6}$	$1,07 \cdot 10^{-6}$
Anzahl Personen je Fahrzeug M_f	[-]	Statistik	1,4	1
getroffene Personen je Eistreffer auf Weg M_T	[-]	berechnet: $p_f \cdot M_f$	$1,19 \cdot 10^{-5}$	$1,07 \cdot 10^{-6}$

Bericht	GICON®
Klassifikation: vertraulich	
Projekt	Windenergieprojekt Repowering Bückwitz
Komponente / System	Risikobeurteilung für Eisfall
Dokument	P250376FCI_Eisrisiko_Bückwitz_Rev00

Durch Multiplikation der Werte in Tabelle 3 mit dem zugehörigen M_T aus Tabelle 4 ergibt sich die abschließende Bewertung der Wegeschutzobjekte bezüglich Eisfall.

Tabelle 5: Mittlere Anzahl Todesfälle pro Jahr (p_R) durch Eisfall auf Wegeschutzobjekte. Werte zwischen 1 und 10% des Grenzwertes in **blau**, Werte kleiner als 1% des Grenzwertes in **grün**. Nicht aufgeführte WEA und Schutzobjekte entsprechen keinen Todesfällen.

WEA	Dreetzer Weg	Eisenbahnstrecke
WEA 1	$1,02 \cdot 10^{-5}$	
WEA 4		$4,86 \cdot 10^{-9}$

Die Gefährdung des Dreetzer Wegs bei Eisfall durch die WEA 1 liegt knapp über 1% des zulässigen Grenzwertes. Das ist akzeptabel. Die Gefährdung der Eisenbahnstrecke durch die WEA 4 liegt unter 0,05% des maximal erlaubten Grenzwertes von $1 \cdot 10^{-5}$, das ist natürlich ebenfalls akzeptabel.

Die folgende Abbildung zeigt die Trefferbilder um die WEA 1 und WEA 2.

Tabelle 6: Farbcodierung Trefferhäufigkeit

Farbe	Treffer pro 1 Jahr und m^2
Rot	mehr als 10^{-2}
Orange	zwischen 10^{-3} und 10^{-2}
Gelb	zwischen 10^{-4} und 10^{-3}
Blau	zwischen 10^{-5} und 10^{-4}

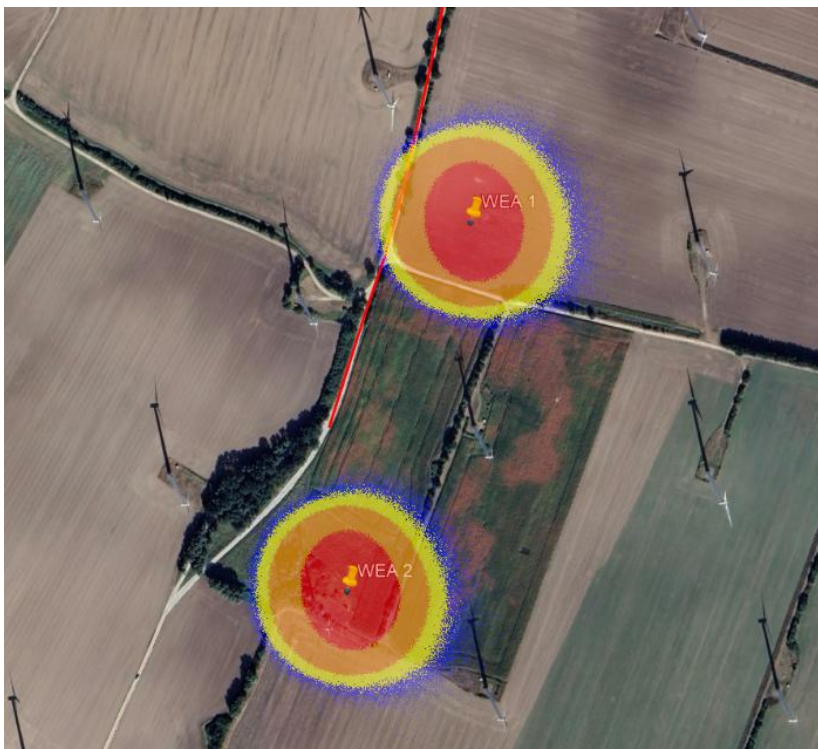


Abbildung 6: Trefferbilder um WEA 1 und WEA 2 mit Auftreffenergie > 28.1 J bei Eisfall, der Dreetzer Weg ist rot markiert.

Bericht	GICON®
Klassifikation: vertraulich	
Projekt	Windenergieprojekt Repowering Bückwitz
Komponente / System	Risikobeurteilung für Eisfall
Dokument	P250376FCI_Eisrisiko_Bückwitz_Rev00

5 Literatur-/Quellenverzeichnis

- Deutsches Institut für Normung. (2000). *DIN EN 50126. Bahnanwendungen. Spezifikation und Nachweis der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS)*. Berlin: DIN.
- DIBt. (19. 01 2021). Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) Ausgabe 2020/1. Berlin.
- DNV Energy Systems. (18. 10 2021). Integration des BLADEcontrol Ice Detector BID in die Steuerung von Vestas Windenergieanlagen . Aarhus.
- EU. (31. 8 2010). *Official Journal of the European Union, Regulation No 43 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE)* —. Von [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:42010X0831\(04\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:42010X0831(04)) abgerufen
- infas, DLR, IVT und infas360. (Februar 2019). *Mobilität in Deutschland (im Auftrag des BMVI)*. Bonn. Abgerufen am 22. November 2024 von https://www.mobilitaet-in-deutschland.de/archive/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf
- J.Dessens, C. B. (02 2007). A point hailfall classification based on hailpad measurements: The ANELFA scale. *Atmospheric Research*, Volume 83, Issues 2–4, Pages 132-139. doi:Pages 132-139
- Kaschuba, M. (2008). Von Hagelskala mit typischen verursachten Schäden: <https://www.skywarn-schulungcenter.de/lernhilfen/pdf/Hagel-Skala.pdf> abgerufen
- Regio Infra Nord-Ost GmbH & Co. KG. (13. 01 2023). www.regioinfra.de. Abgerufen am 22. 07 2025 von <https://www.regioinfra.de/netzzugang.html?file=files/content/downloads/Schienenwege/Kapazitaetsreserven-ausserhalb-Netzfahrplan-2023-Stand-13-01-2023.pdf&cid=91721>
- Wichura, B. (2013). *The Spatial Distribution of Icing in Germany Estimated by the Analysis of Weather Station Data and of Direct Measurements of Icing 2013_IWAIS_Proceedings*. Potsdam.