

Maschinenbruchgutachten

Windpark

Obersiebenbrunn Repowering

Bewertung der Beschädigungswahrscheinlichkeit
für eine Süßgas-Fördersonde der OMV
durch Bauteilversagen der geplanten Windkraftanlagen



Auftraggeber: ÖKOENERGIE Projektentwicklung GmbH
Mariengasse 4
2120 Obersdorf
Österreich

Kontakt: DI Stephan Parrer

Auftragnehmer: Energiewerkstatt
Technisches Büro und Verein zur Förderung erneuerbarer Energie
Heiligenstatt 23
5211 Friedburg
Österreich
Tel.: +43 7746 28212
office@energiewerkstatt.org

Bearbeitung: Dr. Alexander Stökl

Prüfung: Mag. Florian Pfannhofer, BSc

Revision: V0: Erstausgabe mit Datum 11. Juli 2024
V1: Zusätzliche Betrachtung des Schadensszenarios Turmversagen

Friedburg, am 23. Februar 2026

Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung.....	4
1.1	Abgrenzung.....	4
2.	Bauteilversagen von Windkraftanlagen.....	6
2.1	Allgemeines zum Versagen von Windkraftanlagen	6
2.2	Betrachtete Szenarien und Ursachen	6
2.3	Verwendete statistische Daten	7
2.4	Modellierung des Blattabwurfs.....	8
2.5	Modellierung des Turmversagens/Gondelabwurfs	9
3.	Datengrundlage.....	11
3.1	Kenndaten des Projekts	11
3.2	Meteorologische Bedingungen am Standort.....	15
4.	Projektspezifische Risikoanalyse und Bewertung.....	17
4.1	Turmversagen	17
4.2	Gondelabsturz.....	17
4.3	Rotorblattbruch/Blattabwurf	18
4.4	Bewertung des Gesamtrisikos für die Süßgas-Fördersonde der OMV	20
4.5	Zusammenfassung und abschließende Risikobewertung	20
5.	Literaturverweise	21
6.	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	22

1. Zusammenfassung

Die Firma Ökoenergie Projektentwicklungs-GmbH plant am Standort Obersiebenbrunn die Errichtung und den Betrieb von neun Windkraftanlagen (WKA). Sieben WKA werden dabei als Typ Vestas V172 mit einer Nabenhöhe von 175 m ausgeführt, zwei weitere Anlagen als Typ Vestas V150 mit Nabenhöhen von 125 m und 148 m.

Im Bereich des Windparks befindet sich eine Süßgas-Fördersonde der OMV. Der geringste Abstand von der am nächsten gelegenen WKA zu der Fördersonde tritt bei der Anlage OS-R-03 vom Typ Vestas V150 6.0MW mit einer Nabenhöhe von 148 m auf und beträgt etwa 203 m. Eine umfassende Diskussion der Sicherheitsabstände von Windkraftanlagen zu Einrichtungen der Öl- und Gasindustrie findet sich in dem Generalgutachten der Dr.-Ing. Veenker Ingenieurgesellschaft mbH („*Windenergieanlagen in Nähe von Schutzobjekten Bestimmung von Mindestabständen*“) in der Revision 09 vom 15.12.2020. Der in diesem Dokument vorgesehene Mindestabstand für eine WKA der gegenständlichen Größenklasse beträgt 275 m und wird somit in dem geplanten Windparklayout unterschritten.

Die Richtlinie der Interessensgemeinschaft Windkraft Österreich (2024) verweist in Bezug auf Schutzanforderungen und Mindestabstände zu Öl- und Gasförderanlagen ebenfalls auf die Ergebnisse aus Veenker (2020).

Gegenstand des vorliegenden Dokuments ist eine Einzelfallbewertung der Beschädigungswahrscheinlichkeit der Süßgas-Fördersonde durch Maschinenbruch der geplanten Anlage. Eine solche Einzelfallberechnung zum Nachweis von Unterschreitungen der pauschalen Mindestabstände ist in dem Veenker Generalgutachten explizit vorgesehen. Die Bewertungskriterien sind dabei ident zu denen gewählt, die auch dem Generalgutachten zugrunde liegen. Das Ergebnis der hier vorgenommenen spezifischen Risikobewertung ist somit in seiner Aussage eins zu eins äquivalent zu dem Veenker Generalgutachten.

Als Eingangsdaten für die Berechnung der Versagensszenarien der WKA und der Beschädigungswahrscheinlichkeit der Gassonde wurden, neben den Abmessungen, Massen und Betriebsparametern der WKA, vom Auftraggeber zur Verfügung gestellte windrichtungsabhängige Windstatistiken verwendet.

Das Ergebnis der Risikobewertung ist, dass die Wahrscheinlichkeit für eine Beschädigung der OMV Gasförder-sonde durch Bauteilversagen der WKA unterhalb der in Veenker (2020) verwendeten Grenzwerte liegt. In dem geplanten Vorhaben werden somit, trotz der formalen Unterschreitung des in Veenker (2020) angegebenen pauschalen Mindestabstandes, die Veenker (2020) zugrundeliegenden Schutzkriterien gleichwertig eingehalten.

1.1 Abgrenzung

Wie oben definiert, behandelt das vorliegende Gutachten die Wahrscheinlichkeit für die Beschädigung der Gas-Fördersonde im Projektgebiet. Darüberhinausgehende Risiken und Folgeschäden, z.B. an Gebäuden, Fahrzeugen oder Infrastruktur, sind nicht Inhalt dieses Gutachtens.

Die Modellierung und die numerische Beschreibung von Versagensszenarien bedingt notwendigerweise eine Vereinfachung und Idealisierung der realen Verhältnisse. Im Fall von Parametern, die einen direkten Einfluss auf das Gesamtrisiko haben (z.B. Aufenthaltswahrscheinlichkeiten, Versagenswahrscheinlichkeiten), wurden konservative Annahmen getroffen. Parameter, die einen Einfluss auf die

Verfrachtungsweite haben (z.B. Eigenschaften der Blattfragmente), wurden bestmöglich nach vorliegenden Daten, Literatur oder Vergleichsrechnungen abgeschätzt.

Risikobewertungen sind grundsätzlich statistische Aussagen und als solche nicht unmittelbar auf jeden Einzelfall anwendbar. Insbesondere basiert die Bewertung auf plausiblen Annahmen und vorhandenen Daten und Erfahrungen. Außergewöhnliche Ereignisse und Verhältnisse sind daher nur begrenzt abgedeckt.

Dieses Gutachten betrachtet ausschließlich das Risiko, das von den im gegenständlichen Vorhaben geplanten Anlagen ausgeht. Eine Kumulation des Risikos mit dem von bestehenden oder zusätzlich geplanten WKA wird nicht vorgenommen.

Die Gültigkeit und Anwendbarkeit der Ergebnisse und Beurteilungen in diesem Gutachten hängt naturgemäß auch von der Richtigkeit und Qualität der Eingangsinformationen ab. Für dieses Gutachten wurden folgende vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Unterlagen und Daten verwendet:

- Koordinatenliste, email von Stephan Parrer, 20.03.2024
- Prüfbericht Standortqualifizierung, Version 3.0, EWS Consulting, 13.02.2024 (20240214_pb_sk_obersiebenbrunn_rep_v3.0.pdf)

2. Bauteilversagen von Windkraftanlagen

2.1 Allgemeines zum Versagen von Windkraftanlagen

Grundsätzlich sind WKA als sehr sichere und ausgereifte Maschinen zu betrachten, von denen im Regelfall keine oder nur eine sehr geringe Gefährdung für Personen und andere Schutzobjekte ausgeht. Das zu bewertende Risiko infolge von Bauteilversagen ergibt sich daher nicht aus einem regulären Betriebsverhalten, sondern ist immer im Zusammenhang mit außergewöhnlichen Ereignissen oder Umständen (Wetterbedingungen, Fertigungsfehler, menschliches Versagen etc.) zu sehen. Die Versagensszenarien und Eintrittswahrscheinlichkeiten sind demnach nur sehr bedingt vorhersehbar. Statistische Auswertungen einer großen Anzahl von Windkraftanlagen über einen längeren Zeitraum hinweg ermöglichen es dennoch stichhaltige Aussagen zu treffen. Die Anwendbarkeit für einen spezifischen Standort und Anlagentyp folgt dann aus der Korrelation mit einem statistischen Ensemble (bspw. sämtliche Windkraftanlagen Österreichs). Obwohl es naheliegend ist, dass Einflussfaktoren wie Anlagentyp, Hersteller, Standortbedingungen, Wartungsabläufe, Zustandsüberwachung etc. im Einzelfall eine Auswirkung auf die Versagenswahrscheinlichkeit haben, ist die Größe dieser Auswirkungen statistisch nur sehr schwer fassbar und wird daher nicht weiter berücksichtigt.

2.2 Betrachtete Szenarien und Ursachen

Für die Bewertung der Auswirkungen von Bauteilversagen in der Umgebung von WKA wurden folgende drei Klassen von Versagensszenarien betrachtet:

- **Turmversagen** umfasst Fundamentversagen, Versagen der Turmwand (u.a. infolge des Einschlags eines Rotorblattes) oder Brechen an einem der Flansche zwischen den Turmsegmenten.
- **Gondelabsturz**: Absturz der gesamten Gondel samt Rotor durch strukturelles Versagen im Bereich des oberen Turmflansches, bzw. des Yaw-Lagers.
- **Blattbruch** bezeichnet hier einerseits das Brechen des Blattes an einem Punkt entlang der Blattlänge, wobei Blattfragmente unterschiedlicher Größe (wenige cm bis zu ganzen Blattabschnitten) abgeworfen werden können, und andererseits das Versagen im Bereich der Nabe oder der Blattverschraubung, welches zum Absturz oder Abwurf des gesamten Rotorblattes führt. Zusätzlich können sich auch kleinere Bauteile wie z.B. Blitzrezeptoren vom Rotorblatt lösen und abgeworfen werden.

Die Ursachen für Bauteilversagen an WKA können vielfältig sein und umfassen:

- Verschleiß und Materialermüdung, sowie allgemein technische Störungen.
- Externe Einflüsse wie extreme Windbedingungen, die eine mechanische Überlastung von Anlagenkomponenten mit sich bringen können, oder Blitzschlag, der einerseits direkt (z.B. Delaminationen) oder auch indirekt (durch WKA Brände) ein strukturelles Versagen auslösen kann.
- Fehler in der Fertigung oder der Errichtung: Neben mangelhafter, mechanischer oder elektrischer Ausführung zählt dazu auch Fundamentversagen infolge einer falschen Einschätzung der Bodeneigenschaften und der Tragfähigkeit des Untergrunds.
- Bedienungsfehler und Fehler bei Wartungsmaßnahmen (menschliches Versagen).

Die konkreten Ursachen für das Bauteilversagen spielen jedoch letztlich in der Bewertung des davon ausgehenden Risikos keine Rolle: Ausschlaggebend ist alleine die insgesamt zu erwartende

Eintrittswahrscheinlichkeit, ohne Berücksichtigung der jeweiligen Ursache. Diese zu erwartende Versagenswahrscheinlichkeit wird anhand von Statistiken von tatsächlich eingetretenen WKA-Zwischenfällen bestimmt.

2.3 Verwendete statistische Daten

Die gegenständliche Bewertung stützt sich auf zwei Quellen für die Wahrscheinlichkeiten von strukturellem Versagen von WKA: Eine von der Energiewerkstatt zusammengestellte Statistik für Deutschland und den Angaben aus dem Niederländischen „Handboek Risicozonerings Windturbines“ (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2014).

Die Auswertung der Energiewerkstatt betrachtet die Wahrscheinlichkeiten von entsprechenden Vorfällen in Deutschland. Eine Erhebung alleine auf Basis von österreichischen WKA ist aufgrund der zu geringen Anzahl von installierten Anlagen nicht sinnvoll möglich. Deutschland wurde als Untersuchungsgebiet ausgewählt, weil Deutschland und Österreich sehr ähnliche Rahmenbedingungen für die Errichtung und den Betrieb von WKA aufweisen. Neben den wirtschaftlichen Bedingungen zählen dazu insbesondere das technische Niveau in der Anlagenüberwachung, die maßgeblichen Normen und Richtlinien und der Umfang des Genehmigungsverfahrens. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die gute Abdeckung und Zugänglichkeit von Medienberichten zu WKA-Zwischenfällen in Deutschland. Die freie und vielfältige deutsche Medienlandschaft, die aktive Szene von Windkraftgegnern und die durchwegs relativ hohe Siedlungsdichte machen es insgesamt unwahrscheinlich, dass schwerwiegende Zwischenfälle an WKA der öffentlichen Aufmerksamkeit entgehen. Behauptungen von großen Dunkelziffern wonach nur 10 % der WKA-Zwischenfälle an die Öffentlichkeit gelangen (Malnick & Mendick, 2011; Uadiale, Urbán, Carvel, Lange, & Rein, 2014) können daher für Deutschland und Österreich klar zurückgewiesen werden.

Die Zusammenstellung der Vorfälle basiert auf mehreren existierenden Zusammenstellungen von Vorfällen an WKA (Caithness Windfarm Information Forum, 2020; Eisenkopf, 2006; BI Keine Windkraft im Emmerthal e.V., 2017; Vernunftkraft. Landesverband Hessen e.V., 2020; National Wind Watch, Inc., 2020; BI Gegenwind Vogelsberg, 2017) die bereinigt, korrigiert und ergänzt wurden. Da einige der angeführten Quellen von dezidierten Windkraftgegnern als Argumentationsmaterial erstellt wurden, werden Vorfälle darin teilweise tendenziös dargestellt, zum Teil handelt es sich aber auch um sorgfältige und akkurate Zusammenstellungen. Soweit als möglich wurden daher für alle Vorfälle unabhängige Quellen, meist Zeitungsberichte, recherchiert. Bei einigen, insbesondere länger zurückliegenden, WKA-Zwischenfällen war es nicht möglich, eine unabhängige Bestätigung zu finden. Soweit die wesentlichen Angaben vorhanden waren, wurden solche Vorfälle dennoch mit aufgenommen.

Die Auswertung umfasst insgesamt 97 WKA-Zwischenfälle aus den Jahren 2000 bis 2020 (77-mal Blattbruch, 20-mal Umsturz/Gondelabsturz) und erlaubt eine für die Zwecke der gegenständlichen Bewertung ausreichend gute statistische Absicherung. Eine genauere Abschätzung der Versagenswahrscheinlichkeit ist auch mit einem, durch Hinzunahme von weiteren Ländern vergrößerten, statistischen Ensemble nicht zu erwarten, da eine möglichst vollständige Erfassung von WKA-Zwischenfällen bei einem größeren und diverseren Untersuchungsraum zunehmend schwieriger wird. Die Ergebnisse dieser Auswertung der Versagenswahrscheinlichkeit sind in Tab 1 zusammengestellt.

Szenario	Erwartungswert pro Jahr	95 % Perzentil des Konfidenzintervalls
Blattbruch	$1,71 \cdot 10^{-4}$	$2,07 \cdot 10^{-4}$
Umsturz/Gondelabsturz	$4,45 \cdot 10^{-5}$	$6,47 \cdot 10^{-5}$

Tab 1: Eintrittswahrscheinlichkeiten für WKA-Zwischenfälle pro WKA und Jahr für Deutschland für die Jahre 2000 bis 2020.

Die zweite Quelle für die Versagenswahrscheinlichkeit ist die Niederländische Publikation „Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid, Module IV – Windturbines“ (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 2020). Dieses Handbuch enthält neben einer allgemeinen theoretischen Abhandlung zur Bewertung von Maschinenbruch-Zwischenfällen von WKA auch Angaben für Versagenswahrscheinlichkeiten in unterschiedlichen Szenarien. Diese Werte sind in einer früheren Ausgabe dieser Publikation, dem „Handboek Risicozonering Windturbines“ (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2014) näher erläutert und in Tab 2 wiedergegeben. Diese Werte passen gut mit den Zahlen aus Tab 1 zusammen. Die etwas höheren Wahrscheinlichkeiten in Tab 2 sind, angesichts der unterschiedlichen Datenbasis und Beobachtungszeiträume, und insbesondere in Anbetracht der grundsätzlichen Herausforderungen beim Erheben und der Einstufung von WKA-Zwischenfällen, kein Widerspruch. Für die folgende Bewertung im gegenständlichen Gutachten wurden konservativerweise die höheren Eintrittswahrscheinlichkeiten aus Tab 2 verwendet.

Szenario	Erwartungswert pro Jahr	95 % Perzentil des Konfidenzintervalls
Blattbruch	$6,3 \cdot 10^{-4}$	$8,4 \cdot 10^{-4}$
...im Normalbetrieb	$6,2 \cdot 10^{-4}$	$8,4 \cdot 10^{-4}$
...bei Überdrehzahl	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$
Turmbruch	$5,8 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$
...abschnittsweise	$8,3 \cdot 10^{-6}$	
...ganzer Turm	$5,0 \cdot 10^{-5}$	
Gondel/Rotorabwurf	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$

Tab 2: Eintrittswahrscheinlichkeiten für WKA-Zwischenfälle pro WKA und Jahr nach (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2014)

2.4 Modellierung des Blattabwurfs

Durch die initiale Geschwindigkeit beim Wegschleudern vom drehenden Rotor und/oder durch die Verfrachtung mit dem Wind können abbrechende Rotorblätter oder Blattfragmente (im Folgenden vereinfachend als «Blattfragmente» zusammengefasst) auch in größerer Distanz von der Anlagenposition am Boden auftreffen. Für die Ermittlung der Auftreffverteilungen der Blattfragmente am Boden ist daher die Berechnung der möglichen Bewegungstrajektorien der Blattfragmente für unterschiedliche Betriebszustände und Windverhältnisse notwendig.

Als Blattfragmente werden einerseits das ganze Rotorblatt und andererseits Fragmente mit $1/3$ und $2/3$ der gesamten Blattlänge angenommen. Im letzteren Fall wird davon ausgegangen, dass das Blatt vollständig durchbricht und dabei der äußere, abgebrochene Teil des Blattes weggeschleudert wird, bzw. zu Boden fällt.

Die Windgeschwindigkeiten für die Berechnung der Trajektorien werden nach der Häufigkeitsverteilung am Standort gewählt und der Pitchwinkel des Rotorblatts je nach Betriebszustand der Anlage festgelegt (Trudelbetrieb, Betrieb unter Nennwindgeschwindigkeit, Betrieb über Nennwindgeschwindigkeit). Die Höhenzunahme der Windgeschwindigkeit am Projektstandort wird über ein logarithmisches oder exponentielles Windprofil berücksichtigt. Die Stellung des Rotors zum Zeitpunkt des Abbrechens des Fragments wird über den gesamten Drehwinkelbereich variiert. Bezüglich der Ausrichtung der Gondel wird angenommen, dass der Rotor der Windkraftanlage immer in den Wind gedreht bleibt, d.h. die Nachführung aktiv ist.

Im Trudelbetrieb (unterhalb der Einschaltwindgeschwindigkeit und oberhalb der Abschaltwindgeschwindigkeit) wird eine langsame Trudelbewegung des Rotors angenommen. Überdrehzahl aufgrund des Versagens von technischen Komponenten (Pitch, Bremse) oder aufgrund von Fehlern in der Anlagensteuerung stellt eine wesentliche, mögliche Ursache für den Abwurf oder den Bruch von Rotorblättern dar. In der Berechnung der Auftreffwahrscheinlichkeit von Blattfragmenten wird daher ein Überdrehzahlzustand der Anlage (mit dem Doppelten der Nenndrehzahl) getrennt simuliert und mitberücksichtigt.

In der Auswertung der Auftreffwahrscheinlichkeit an einem bestimmten Punkt im Umfeld der Anlage werden, je nach Schutzobjekt, nicht nur die eigentlichen Auftreffpositionen (die Trajektorien beziehen sich auf die Bewegung des Schwerpunkts des Blattfragments), sondern auch die Abmessungen der Blattfragmente und deren Ausrichtung am Boden, so wie sie am Boden zu liegen kommen, herangezogen.

Die Berechnung der Trajektorien erfolgt unter Berücksichtigung der aerodynamischen Kräfte (Widerstand und Auftrieb) und Momente, die sich aus der Einwirkung der relativen Windgeschwindigkeit ergeben. Aufgrund der geometrischen Form und der Struktur von Rotorblättern befindet sich der Schwerpunkt von Rotorblättern relativ nahe an der Blattwurzel, bei etwa $1/3$ der Blattlänge. Ähnliches gilt auch für Teilfragmente des Rotorblattes. Aufgrund dieser außermittigen Schwerpunktelage, sowie der Vorlage des Auftriebspunkts gegenüber dem Flächenmittelpunkt, ergeben sich Drehmomente, die gerade in dem ersten Teil der Trajektorie, unmittelbar nach dem Ablösen vom Rotor, großen Einfluss auf die Bewegung haben. Die Blattfragmente neigen dazu, sich, ähnlich einem Federball, entlang der Richtung der Relativbewegung mit dem schweren Ende nach vorne auszurichten.

2.5 Modellierung des Turmversagens/Gondelabwurfs

Da der Aufprallpunkt der Gondel im Fall von Turmversagen auf einen Umkreis mit dem Radius der Nabenhöhe um den Fundamentpunkt herum beschränkt ist, wurden für die Versagensszenarien Turmbruch und Gondelabwurf keine gesonderten kinetischen Simulationen durchgeführt, sondern die Auftreffwahrscheinlichkeit um die Anlagenstandorte heuristisch bestimmt:

In der Fallrichtung des Turmes wurde jeweils der gesamte Bereich bis zu einer Entfernung von einmal der Nabenhöhe der Anlage als Wirkungsbereich gewertet. Das entspricht dem Szenario, dass der Turm im Bereich des Fundamentes versagt und dann entlang der ganzen Länge am Boden aufschlägt. Im Falle eines Turmversagens an einem höher gelegenen Punkt, bspw. an einem Turmflansch, ist der maximale Wirkradius entsprechend kleiner. Vereinfachend und in konservativer Annahme wurde jedoch auf eine

diesbezügliche Differenzierung verzichtet. Aufgrund des großen Drehimpuls des sich drehenden Rotors und den vielfältigen Versagensszenarien ist das Umstürzen einer WKA im Allgemeinen ein komplexer dynamischer Vorgang, bei dem die Fallrichtung des Turmes nur schwer vorherzusehen ist. Für die Fallrichtung des Turmes wurde daher eine zufällige Verteilung über alle Richtungen, unabhängig von der Windrichtungsverteilung am Standort, angenommen.

Beim Absturz von Gondel und Rotor spielen aerodynamische Kräfte (und damit die Windbedingungen) und der Betriebszustand der WKA im Vergleich zu den sehr großen involvierten Massen eine nur geringe Rolle. Der Auftreffpunkt der Gondel wird somit im unmittelbaren Nahbereich um den Turmfuß liegen. Der maximale Wirkradius kann daher als auf den Bereich des Rotorüberstrichs begrenzt angenommen werden.

3. Datengrundlage

3.1 Kenndaten des Projekts

3.1.1 Layout des Windparks

Der Projektstandort, Abb 1, befindet sich auf dem Gemeindegebiet von Obersiebenbrunn im Bezirk Gänserndorf auf einer Seehöhe von etwa 150 m.

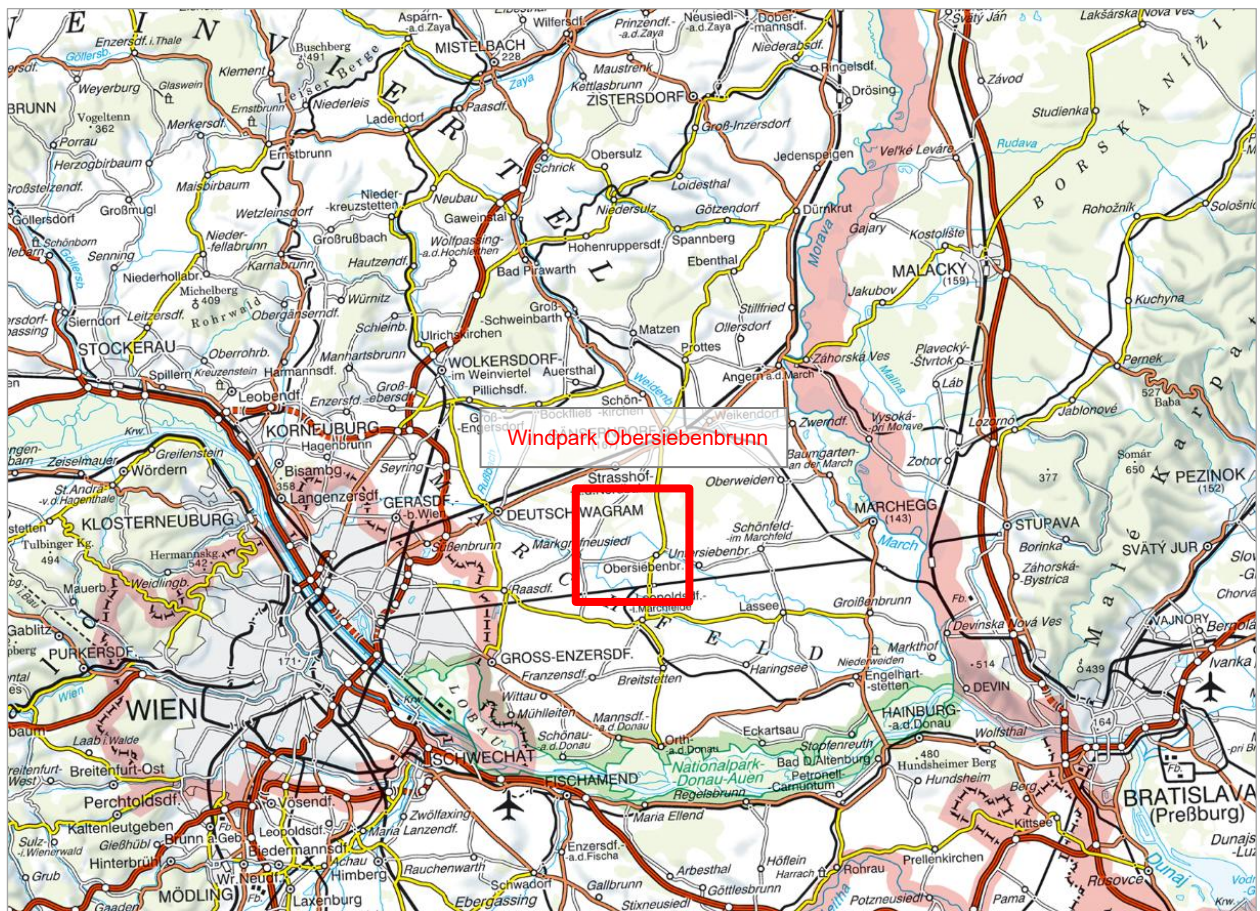


Abb 1: Übersichtsplan zur Lage des Projektgebiets von Obersiebenbrunn. [Kartenquelle: Amap].

Der geplante Windpark Obersiebenbrunn besteht aus insgesamt neun Windkraftanlagen. Sieben Anlagen sind vom Typ Vestas V172 7.2 mit einer Nabenhöhe von 175 m und zwei Anlagen vom Typ Vestas V150 6.0 mit Nabenhöhen von 125 m und 148 m. Tab 3 enthält eine Zusammenstellung der geographischen Positionen in WGS 84 Koordinaten sowie der Nabenhöhen der geplanten WKA.

Das Umfeld der geplanten WKA ist in Abb 2 ersichtlich. Westlich der Anlagenposition von OS-R-03 befindet sich eine Gas-Fördersonde in einem Abstand von der Turmachse von etwa 203 m. Abb 3 zeigt eine vergrößerte Darstellung der Situierung der Anlage OS-R-03 relativ zu der Gassonde.

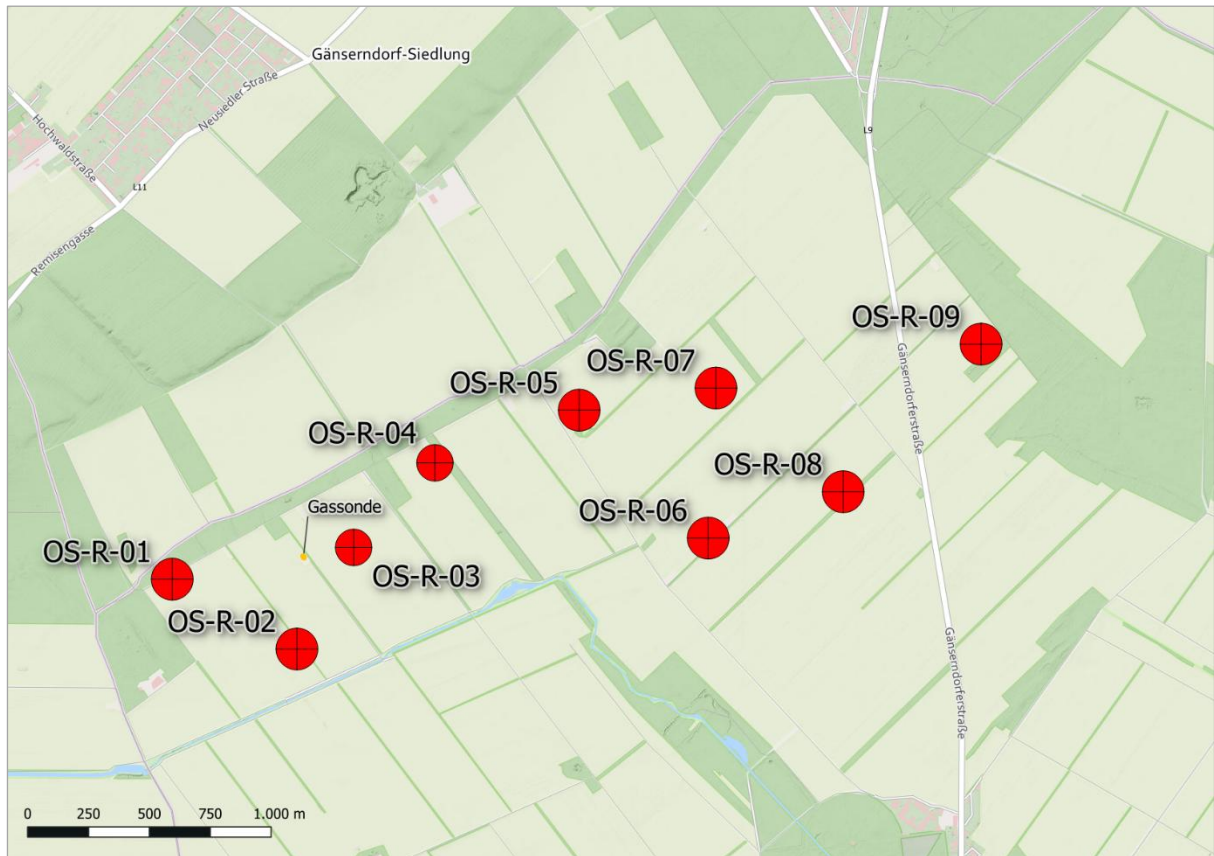


Abb 2: Darstellung der geplanten Windkraftanlagen des Windparks Obersiebenbrunn und der potentiell betroffenen Gas-Fördersonde. Die Größe der roten Symbole entspricht dem Durchmesser des Rotorüberstrichs. [Kartenquelle: basemap.at].



Abb 3: Darstellung der relativen Situierung der Anlage OS-R-03 und der Gas-Fördersonde der OMV. Die Größe des roten Kreises entspricht dem Durchmesser des Rotorüberstrichs und das gelbe Rechteck gibt die Dimension der Umzäunung um die Fördersonde wieder. Bei den im oberen Bildbereich im Luftbild erkennbaren Anlagen handelt es sich um Bestandsanlagen, die im Zuge des Repowering abgebaut werden. [Kartenquelle: basemap.at].

Bezeichnung	Koordinaten (WGS 84)		Anlagentyp	Nabenhöhe (ggf. mit Fundamentanhebung)
	Länge	Breite		
OS-R-01	16°40'15,9"	48°16'52,7"	Vestas V172 7.2MW	175
OS-R-02	16°40'40,7"	48°16'43,5"	Vestas V172 7.2MW	175
OS-R-03	16°40'52,0"	48°16'56,9"	Vestas V150 6.0MW	148
OS-R-04	16°41'08,2"	48°17'08,1"	Vestas V150 6.0MW	125
OS-R-05	16°41'36,9"	48°17'15,1"	Vestas V172 7.2MW	175
OS-R-06	16°42'02,6"	48°16'58,1"	Vestas V172 7.2MW	175
OS-R-07	16°42'04,1"	48°17'18,0"	Vestas V172 7.2MW	175
OS-R-08	16°42'29,4"	48°17'04,3"	Vestas V172 7.2MW	175
OS-R-09	16°42'56,9"	48°17'23,8"	Vestas V172 7.2MW	175

Tab 3: Geographische Daten der Windkraftanlagenstandorte.

3.1.2 Anlagenbezogene Kenndaten

Die Risikobewertung für Maschinenbruch wurde für die Anlage OS-R-03 durchgeführt. Wie in Tab 3 angeführt, ist hierfür eine Anlage des Typs Vestas V150 6.0MW mit einer Nabenhöhe von 148 m vorgesehen. Bei diesem Anlagentyp handelt es sich um eine Bauart als Luvläufer mit Pitch-Regelung, aktiver Windnachführung und Dreiblattrotor. In Tab 4 sind die wichtigsten technischen Spezifikationen entsprechend den Herstellerangaben zusammengefasst.

Windkraftanlagentyp		Vestas V150 6.0MW
Rotortyp	[-]	Dreiblattrotor, horizontale Achse
Drehsinn (von vorne gesehen)	-	Im Uhrzeigersinn
Drehzahl Betriebsbereich	[U/min]	4,9 bis 12,6
Rotordurchmesser	[m]	150
Nabenhöhe	[m]	148
Blattspitzenhöhe	[m]	223
Rotorblattlänge	[m]	73,65
Maximale Profilsehne	[m]	4,2
Profilsehne bei 90 % Rotorblatradius	[m]	1,4
Rotorneigung	[°]	6
Konischer Winkel der Nabe	[°]	6

Abstand Mittelpunkt Nabe zur Turmachse	[m]	4
--	-----	---

Tab 4: Wesentliche technische Spezifikationen der Windkraftanlage Vestas V150 6.0MW.

Weitere Informationen zu den verwendeten WKA finden sich im technischen Bericht des Einreichoperates.

3.2 Meteorologische Bedingungen am Standort

3.2.1 Winddaten

Als Basis für die Eisfallsimulationen wurden vom Auftraggeber Windstatistiken zur Verfügung gestellt. Die im gegenständlichen Gutachten verwendeten Angaben basieren auf der Auswertung einer zweigeteilten LiDAR Windmessung von 14.08.2019 bis 13.01.2020 und 24.03.2022 bis 24.10.2022 etwa 10 km südöstlich des Windparks sowie auf SCADA Daten des Bestandwindparks Obersiebenbrunn aus dem Zeitraum April 2007 bis Mai 2012. Diese Daten wurden mit dem globalen Langzeitdatensatz ERA-5, langzeitkorreliert und im Anschluss mit Hilfe des WASP-Modells auf den Standort Obersiebenbrunn übergeführt. Details dazu finden sich in dem Prüfbericht der EWS.

Ort	Koordinaten (WGS 84)		Messhöhen
	Länge	Breite	[m]
Lassee	16° 48' 47,75"	48° 14' 58,62"	40 bis 200

Tab 5: Position der LiDAR Messung Lassee.

Die folgende Tab 6 fasst die Winddaten zusammen, die für das Eisfallgutachten verwendet wurden. Für das vertikale Windprofil wurde ein Windscherexponent von $\alpha = 0,28$ aus dem Prüfbericht der EWS übernommen.

Grösse		N	NNO	ONO	O	OSO	SSO	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW
Anteil	[%]	11,4	4,1	1,5	2,0	11,0	17,7	6,0	2,5	2,7	9,4	17,5	14,4
Weibull A	[m/s]	7,6	5,9	3,6	4,0	8,8	9,4	7,3	5,3	5,2	9,1	9,4	9,0
Weibull k	[1]	2,19	2,01	1,72	1,41	2,26	2,37	1,71	1,80	1,57	2,44	2,76	2,76
Mittl. Windg.	[m/s]	6,7	5,2	3,2	3,6	7,8	8,3	6,5	4,7	4,7	8,1	8,4	8,0

Tab 6: Windstatistik für den Standort Obersiebenbrunn in einer Höhe von 175 m.

Wie aus der Tabelle und aus der Windrose in Abb 4 ersichtlich, ist der Standort mehrheitlich von Winden aus nordwestlicher sowie südöstlicher Richtung geprägt.

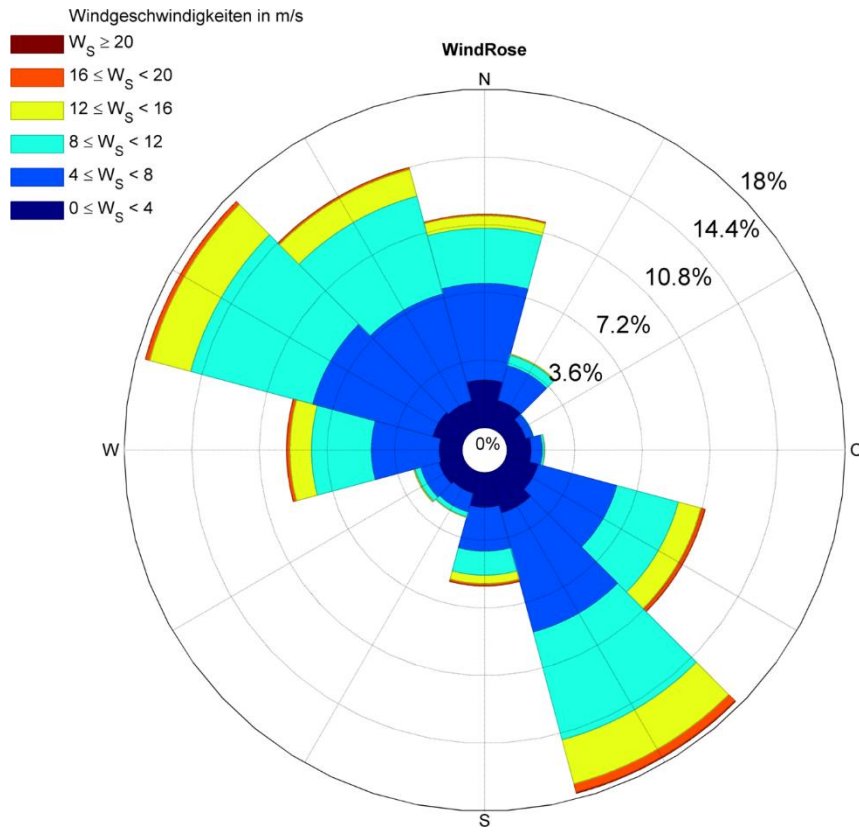


Abb 4: Windrose für den Standort Obersiebenbrunn in 175 m Höhe.

4. Projektspezifische Risikoanalyse und Bewertung

In diesem Abschnitt werden die betrachteten Szenarien des Bauteilversagens diskutiert und die jeweiligen Eintrittswahrscheinlichkeiten berechnet. Darauf basierend wird anschließend das Gesamtrisiko für die im potentiellen Gefährdungsbereich befindlichen Gas-Fördersonde der OMV berechnet und bewertet.

4.1 Turmversagen

Aufgrund der großen Aufprallenergie der Maschinengondel, des Rotors und des Turms ist bei dem Auftreffen einer solchen Komponente im Bereich der Fördersonde eine schwere Beschädigung, bzw. Zerstörung unabwendbar. Die nach Art des Turmversagens aufgeschlüsselten Eintrittswahrscheinlichkeiten in (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2014) zeigen, dass das Umkippen der ganzen Anlage, wobei der Turm mit Gondel der ganzen Länge nach aufschlägt, zudem nur einen Teil der Versagensfälle ausmacht. In den übrigen Fällen knickt oder bricht der Turm an einem Punkt zwischen Fundament und Turmkopf, beispielsweise an einem Turmflansch. In solchen Fällen wird der Auftreffpunkt der Hauptkomponenten, Maschinengondel und Nabe, in entsprechend geringerem Abstand vom Turmfuß liegen. Der Wirkungsradius für eine solche Einwirkung ist somit klar mit der Nabenhöhe der Anlage begrenzt und liegt in vielen Fällen deutlich darunter. Da im gegenständlichen Fall der Abstand von der Anlagenposition zu der Gas-Fördersonde mit etwa 203 m die Nabenhöhe der Anlage von 148 m deutlich übersteigt, ist eine Einwirkung im Bereich der Gassonde nur durch nach außen ragende Rotorblätter möglich. Eine Auswertung der geometrischen Auftreffwahrscheinlichkeit, unter der konservativen Annahme, dass (1) der Turm im Fundamentbereich versagt und nicht an einem höher liegenden Turmsegment, und (2), dass die Rotorblätter im Versagensfall nicht nach innen abknicken, sondern nach außen ragend am Boden aufschlagen, ergibt sich auf Basis der in Tab 2 angeführten Wahrscheinlichkeit für Turmversagen eine Auftreffwahrscheinlichkeit für ein Rotorblatt im Bereich der Fördersonde wie in Tab 7 angegeben. Dabei wurden unterschiedliche Stellungen des Rotors und verschiedene Fallrichtungen des Turms kombiniert. Die Profiltiefe des relevanten, 20 m langen äußeren Teils des Rotorblattes (223 m Gesamthöhe, 203 m Abstand zur Sonde) wurde einheitlich mit 2 m angenommen.

Szenario	Jährliche Beschädigungswahrscheinlichkeit
Auftreffen eines Rotorblattes im Bereich der Sonde infolge von Turmversagen	$2,0 \cdot 10^{-7}$

Tab 7: Beschädigungswahrscheinlichkeit für die Gas-Fördersonde der OMV durch Turmversagen der geplanten WKA.

4.2 Gondelabsturz

Beim Absturz der Maschinengondel oder des gesamten Rotors der Windkraftanlage ist aufgrund der großen Masse eine nur geringe bis gar keine Beeinflussung durch aerodynamische Kräfte des Winds zu erwarten und die Auftreffpositionen werden sich demnach in unmittelbarer Nähe des Turmfußes befinden. Der maximale Wirkradius ist somit im Wesentlichen auf den Bereich des Rotorüberstrichs begrenzt. Da sich im gegenständlichen Fall die Fördersonde weit außerhalb (etwa 130 m) des Rotorüberstrichs befindet, ist eine Berücksichtigung des Versagensszenarios Gondel/Rotorabsturz nicht notwendig.

4.3 Rotorblattbruch/Blattabwurf

Für die Berechnung der Auftreffwahrscheinlichkeiten von Blattfragmenten am Boden wurden drei unterschiedliche Projektile herangezogen:

- Gesamtes Blatt ab der Blattwurzel (Versagen der Nabe oder der Verschraubung mit der Nabe)
- Blattfragment der äußeren 2/3 des Blattes (Blattbruch)
- Blattfragment des äußeren 1/3 des Blattes (Blattbruch)

Abb 5 zeigt die berechneten Auftreffpositionen der Blattfragmente für eine Windrichtung (Wind kommt in der Grafik von oben). Die Endpunkte der Blattfragmente, in der Position wie sie am Boden zu liegen kommen, sind als schwarze Punkte eingezeichnet. Die Längsachsen der Blattfragmente sind als blaue Linien dargestellt. Die rote Linie in der Bildmitte symbolisiert die von oben gesehene Rotorscheibe. In Abb 5 sind ausschließlich die Blattfragmente bei normalen Betrieb (Produktion und Trudelbetrieb) dargestellt.

Blattwurftrajektorien wurden zusätzlich für einen Überdrehzahl-Zustand mit doppelter Nenndrehzahl gerechnet. Aufgrund der sehr viel höheren Blattspitzengeschwindigkeiten kommt es dabei teilweise zu noch deutlich größeren Wurfweiten. In der Risikobewertung wurde Überdrehzahl mitberücksichtigt, aufgrund der sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeit spielt Überdrehzahl in der Gesamtbewertung jedoch keine Rolle.

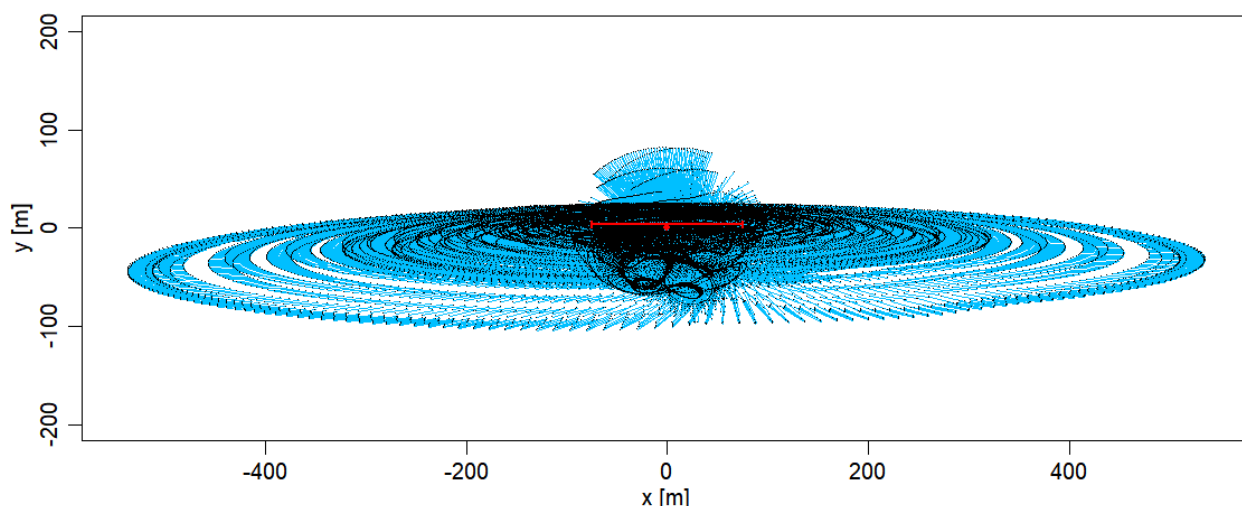


Abb 5: Berechnete Auftreffpositionen der Blattfragmente im Umfeld der WKA für eine Windrichtung (von oben, in negative y-Richtung). Die Endpunkte der Fragmente sind als schwarz Punkte eingezeichnet, die Längsachsen als blaue Linien. Die rote Linie im Zentrum symbolisiert die von oben gesehene Rotorscheibe.

Im Allgemeinen trifft das Blatt oder Blattfragment mit einem Ende zuerst am Boden auf. Aufgrund der stark asymmetrischen Massenverteilung ist das meistens der Blattwurzelbereich, bzw. das innere Ende des Fragments. In weiterer Folge macht dann das Blatt/Blattfragment eine Drehbewegung um diesen ersten Auftreffpunkt, bis es der ganzen Länge nach am Boden zu liegen kommt. Ein großer Teil der Aufprallenergie wird somit in einem eng begrenzten Bereich beim ersten Kontakt auf den Boden übertragen. Dennoch wurden für die Bewertung der Auftreffwahrscheinlichkeit nicht nur die initialen Auftreffpunkte, sondern die gesamte Länge der Blattfragmente, wie sie schließlich am Boden zu liegen kommen, herangezogen.

Für die Berechnung der Gesamt-Auftreffverteilung wurden die in Abb 5 dargestellten Auftreffpositionen mit der zu erwartenden Eintrittswahrscheinlichkeit für Blattbruch und Blattbruch bei Überdrehzahl nach Tab 2

und der Windgeschwindigkeitsverteilung in der jeweiligen Richtung gefaltet. Das Ergebnis wurde dann in ein-Grad Schritten für alle Windrichtungen aufsummiert. Auf diese Weise erhält man eine Gesamtauftreffverteilung für Blattwurf wie in Abb 6 dargestellt. Auftreffwahrscheinlichkeiten kleiner als 10^{-10} pro Jahr sind für die Risikobewertung auf jeden Fall vernachlässigbar und wurden daher in Abb 6 nicht mit dargestellt.

Beiträge zu Auftreffwahrscheinlichkeit durch Überdrehzahl erreichen Wurfweiten auch deutlich jenseits der dargestellten 600 m, liegen jedoch im Bereich von lediglich 10^{-13} pro Jahr. Im Sinn der Übersichtlichkeit beschränkt sich Abb 6 daher auf den für das Gesamtrisiko relevanten Bereich.

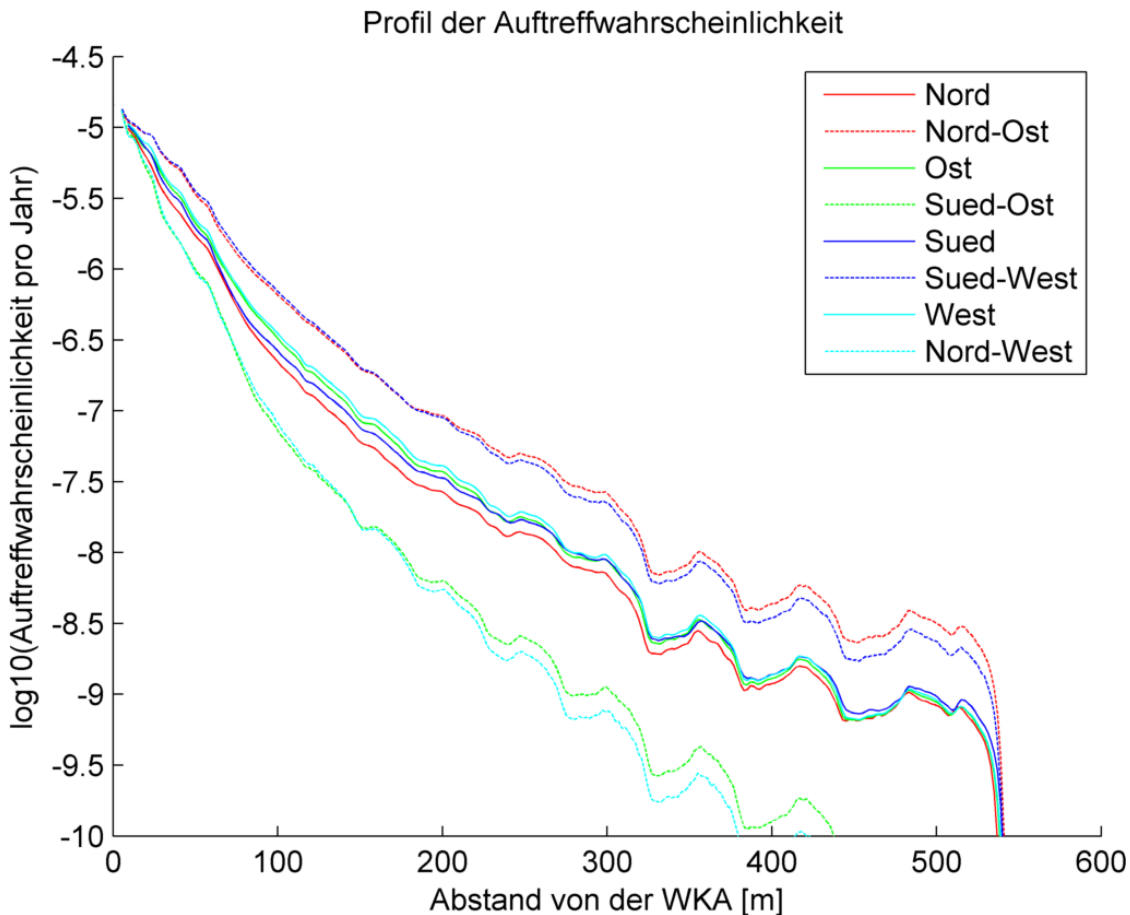


Abb 6: Profile der berechnete Gesamt-Auftreffverteilung im Umfeld der WKA. Auftreffwahrscheinlichkeiten kleiner als 10^{-10} pro Jahr sind nicht dargestellt.

Für die Berechnung der Beschädigungswahrscheinlichkeit der Gassonde wurde in konservativer Herangehensweise von dem gesamten Areal um die Sonde, begrenzt durch die rechteckige Umzäunung mit etwa 7 m mal 13 m, ausgegangen. Da diese Fläche die eigentlichen geometrischen Abmessungen der Förderanlagen übersteigt, führt das zu einer entsprechenden Überschätzung der Beschädigungswahrscheinlichkeit. Darüber hinaus wurde, ungeachtet von Masse, Auftreffenergie und Auftreffgeometrie des Blattfragments, immer dann von einer Beschädigung der Sonde ausgegangen, wenn das Blattfragment, wie es nach dem Aufprall am Boden zu liegen kommt, mit der Bezugsfläche überlappt, es also zumindest mit einem Abschnitt innerhalb der Bezugsfläche zu liegen kommt. Die integrale Auftreffwahrscheinlichkeit ergibt sich dann durch Aufsummierung aller Treffer in der Bezugsfläche, jeweils gewichtet mit der entsprechenden Eintrittswahrscheinlichkeit. Die so resultierende Auftreffwahrscheinlichkeit von Blattfragmenten im Bereich der Fördersonde ist in Tab 8 angeführt.

Szenario	Jährliche Beschädigungswahrscheinlichkeit
Blattabwurf/Blattbruch	$5,2 \cdot 10^{-7}$

Tab 8: Beschädigungswahrscheinlichkeit für die Gas-Fördersonde der OMV durch Blattabwurf/Blattbruch bei den geplanten WKA.

4.4 Bewertung des Gesamtrisikos für die Süßgas-Fördersonde der OMV

Die Gesamt-Beschädigungswahrscheinlichkeit für die Gassonde infolge von Maschinenversagen der Anlage OS-R-03 ergibt sich aus der Summe der in Tab 7 und Tab 8 angegebenen Werte für Turmversagen und Rotorblattabwurf, bzw. -bruch:

Szenario	Jährliche Beschädigungswahrscheinlichkeit
Maschinenversagen Anlage OS-R-03	$7,2 \cdot 10^{-7}$

Tab 9: Beschädigungswahrscheinlichkeit für die Gas-Fördersonde der OMV durch Maschinenversagen der Anlage OS-R-03.

Für den Grenzwert der zulässigen Beschädigungswahrscheinlichkeit wird gemäß Veenker (2020) ein Wert von 10^{-6} pro Jahr angesetzt. Die konservativ berechnete Beschädigungswahrscheinlichkeit für die Gas-Fördersonde in Tab 9 liegt unter diesem Grenzwert von 10^{-6} pro Jahr. Das Ergebnis der Risikobewertung zeigt demnach, dass das spezifisch berechnete Beschädigungsrisiko die Schutzziele und Kriterien aus dem Veenker Generalgutachten erfüllt.

4.5 Zusammenfassung und abschließende Risikobewertung

Das Ergebnis der Risikobewertung ist, dass die Wahrscheinlichkeit für eine Beschädigung der OMV Gasfördersonde durch Bauteilversagen der WKA unterhalb der in Veenker (2020) verwendeten Grenzwerte liegt. In dem geplanten Vorhaben werden somit, trotz der formalen Unterschreitung des in Veenker (2020) angegebenen pauschalen Mindestabstandes, die Veenker (2020) zugrundeliegenden Schutzkriterien gleichwertig eingehalten.

5. Literaturverweise

- Adam, D., Adam, C., Falkner, F.-J., & Paulmichl, I. (2011). Vibration emission induced by Rapid Impact Compaction. *Proceedings of the 8th International Conference on Structural Dynamics, EURO-DYN 2011*. Leuven, Belgien.
- BI Gegenwind Vogelsberg. (2017). Von <http://www.gegenwind-vogelsberg.de/informationen/unfall/brand/> abgerufen
- BI Keine Windkraft im Emmerthal e.V. (2017). Von <http://www.keinewindkraftimmerthal.de> abgerufen
- Caithness Windfarm Information Forum. (2020). Von <http://www.caithnesswindfarms.co.uk/AccidentStatistics.htm> abgerufen
- Dr.-Ing. Veenker Ingenieurgesellschaft mbH. (2020). *Windenergieanlagen in Nähe von Schutzobjekten Bestimmung von Mindestabständen, Revision 09*.
- Eisenkopf, W. (2006). *Bundesweite Datenbank Der Windrad - Unfälle*. für den Bundesverband Landschaftsschutz BLS.
- European Gas Pipeline Incident Data Group. (2020). *Gas Pipeline Incidents: 11th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group*.
- ImWind Operations GmbH und Energiewerkstatt Verein unter Mitarbeit von evn naturkraft Erzeugungsgesellschaft m.b.H und Dr.-Ing. Veenker Ingenieurgesellschaft mbH. (2024). *Richtlinie der Interessensgemeinschaft Windkraft Österreich - IGW zu Abständen zwischen Windkraftanlagen und Öl- und Gasleitungen*.
- Malnick, E., & Mendick, R. (2011). 1500 accidents and incidents on UK wind farms. *"The Telegraph"* vom 11. Dez. 2011.
- National Wind Watch, Inc. (2020). Von <https://www.wind-watch.org/news/category/locations/europe/germany/> abgerufen
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2014). *Handboek Risicozonering Windturbines*.
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. (2020). *Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid, Module IV – Windturbines*.
- Uadiale, S., Urbán, É., Carvel, R., Lange, D., & Rein, G. (2014). Overview of Problems and Solutions in Fire Protection Engineering of Wind Turbines. *Fire Safety Science-Proceedings Of The Eleventh International Symposium*, (S. 983-995).
- Vernunftkraft. Landesverband Hessen e.V. (2020). Von <http://www.vernunftkraft-hessen.de/wordpress/tag/unfaelle/> abgerufen

Dokumente mit projektspezifischen Informationen laut Abschnitt 1.1.

6. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abb 1:	Übersichtsplan zur Lage des Projektgebiets von Obersiebenbrunn. [Kartenquelle: Amap].	11
Abb 2:	Darstellung der geplanten Windkraftanlagen des Windparks Obersiebenbrunn und der potentiell betroffenen Gas-Fördersonde. Die Größe der roten Symbole entspricht dem Durchmesser des Rotorüberstrichs. [Kartenquelle: basemap.at].	12
Abb 3:	Darstellung der relativen Situierung der Anlage OS-R-03 und der Gas-Fördersonde der OMV. Die Größe des roten Kreises entspricht dem Durchmesser des Rotorüberstrichs und das gelbe Rechteck gibt die Dimension der Umzäunung um die Fördersonde wieder. Bei den im oberen Bildbereich im Luftbild erkennbaren Anlagen handelt es sich um Bestandsanlagen, die im Zuge des Repowering abgebaut werden. [Kartenquelle: basemap.at].	13
Abb 4:	Windrose für den Standort Obersiebenbrunn in 175 m Höhe.	16
Abb 5:	Berechnete Auftreffpositionen der Blattfragmente im Umfeld der WKA für eine Windrichtung (von oben, in negative y-Richtung). Die Endpunkte der Fragmente sind als schwarz Punkte eingezeichnet, die Längsachsen als blaue Linien. Die rote Linie im Zentrum symbolisiert die von oben gesehene Rotorscheibe.	18
Abb 6:	Profile der berechnete Gesamt-Auftreffverteilung im Umfeld der WKA. Auftreffwahrscheinlichkeiten kleiner als 10^{-10} pro Jahr sind nicht dargestellt.	19
Tab 1:	Eintrittswahrscheinlichkeiten für WKA-Zwischenfälle pro WKA und Jahr für Deutschland für die Jahre 2000 bis 2020.	8
Tab 2:	Eintrittswahrscheinlichkeiten für WKA-Zwischenfälle pro WKA und Jahr nach (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2014)	8
Tab 3:	Geographische Daten der Windkraftanlagenstandorte.	14
Tab 4:	Wesentliche technische Spezifikationen der Windkraftanlage Vestas V150 6.0MW.	15
Tab 5:	Position der LiDAR Messung Lassee.	15
Tab 6:	Windstatistik für den Standort Obersiebenbrunn in einer Höhe von 175 m.	15
Tab 7:	Beschädigungswahrscheinlichkeit für die Gas-Fördersonde der OMV durch Turmversagen der geplanten WKA.	17
Tab 8:	Beschädigungswahrscheinlichkeit für die Gas-Fördersonde der OMV durch Blattabwurf/Blattbruch bei den geplanten WKA.	20
Tab 9:	Beschädigungswahrscheinlichkeit für die Gas-Fördersonde der OMV durch Maschinenversagen der Anlage OS-R-03.	20