Industrie Service

Mehr Sicherheit.
Mehr Wert.

# Unabhängige Analyse

**für den Standort**

# STRAUBENHARDT (BADEN-WÜRTTEMBERG)

Datum: 10.09.2015
Revision: 14

Unsere Zeichen:
IS-FSW-RGB/KM/HFF

Das Dokument besteht aus 87 Seiten.
Seite 1 von 87

**Bericht Nr.: MS-1309-173-BW-de**
**Revision 14**
**Datum: 10.09.2015**

Die auszugsweise Wiedergabe des Dokumentes und die Verwendung zu Werbezwecken bedürfen der schriftlichen Genehmigung der TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände.

## Risikobewertung Eisfall

Sitz: München
Amtsgericht München HRB 96 869
USt-IdNr. DE129484218
Informationen gemäß § 2 Abs. 1 DL-InfoV unter www.tuev-sued.de/impressum

Aufsichtsrat:
Karsten Xander (Vorsitzender)
Geschäftsführer:
Ferdinand Neuwieser (Sprecher),
Dr. Ulrich Klotz, Thomas Kainz

Telefon: +49 941 460212-0
Telefax: +49 941 460212-29
**www.tuev-sued.de/is**

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Wind Cert Services
Ludwig-Eckert-Str. 8
93049 Regensburg
Deutschland

Industrie Service

| | |
|---|---|
| **Auftraggeber:** | **Wirsol Windpark Straubenhardt GmbH & Co. KG**<br>Schwetzinger Straße 22-26<br>D-68753 Waghäusel |
| **Auftragnehmer:** | **TÜV SÜD Industrie Service GmbH**<br>**Abteilung Wind Cert Services**<br>Ludwig-Eckert-Str. 8<br>93049 Regensburg |
| **Angebot Nr.:** | **AN-WG-1506-243-BW REV.1** |
| **Berichtart:** | **Unabhängige Risikoanalyse** |
| **Standortbezeichnung:** | **Straubenhardt** |
| **Land:** | **Baden-Württemberg, Deutschland** |
| **Bericht Nr.:** | **MS-1309-173-BW-de** |
| **Revision:** | **14** |
| **Ausstellungsdatum:** | **10.09.2015** |
| **Status:** | **Endbericht** |
| **Vertraulichkeitsstufe:** | ☐ A ☐ B ☒ C |
| **Verteiler:** | 2 x Auftraggeber<br>1 x Auftragnehmer |

**Bericht verfasst von:**

**Dipl.-Ing. André Hoffmann**
**(Abteilung Risikomanagement)**

**Bericht geprüft von:**

**Dipl.-Phys. Thorsten Weidl**
**(Abteilung Risikomanagement)**

**Bericht geprüft von:**

i.V.

**Dipl.-Met. Michaela Stark**
**(Abteilung Wind Cert Services)**

Industrie Service

## Haftungsausschluss

Der vorliegende Bericht wurde sorgfältig und fachgerecht nach bestem Wissen und Gewissen und nach allgemeinen Regeln der Technik angefertigt. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass das durch den Auftraggeber bzw. Dritte zur Verfügung gestellte Material (Daten, Schriften, Aufzeichnungen, Diagramme, etc.) zur Erstellung der Dienstleistung nicht vollständig auf Richtigkeit geprüft werden kann. Es kann daher keine Fehlerfreiheit der dargestellten Ergebnisse übernommen werden. Eine Garantie und eine damit verbundene Haftung kann nicht übernommen werden. Die in diesem Bericht dargestellten Ergebnisse sind nur im Kontext mit dem gesamten Eisfallgutachten [1] und unter besonderer Berücksichtigung der Hinweise und der berechneten Unsicherheiten zu den Ergebnissen zu verstehen.

Industrie Service

## Ausgehändigte Berichte

| Revision | Datum | Titel des Berichts |
|---|---|---|
| o. Nr. | 23.09.2013 | Unterlagenanforderung |
| o. Nr. | 07.10.2013 | Agenda der Standortbesichtigung |
| o. Nr. | 14.10.2013 | Protokoll der Standortbesichtigung |
| 00 | 06.11.2013 | Unabhängiges Windgutachten |
| 01 | 15.01.2014 | Unabhängiges Windgutachten |
| 02 | 02.10.2014 | Schallgutachten |
| 03 | 19.09.2014 | Addendum Windgutachten |
| 04 | 23.09.2014 | 60%-Referenzertrag-Nachweis |
| 05 | 14.10.2014 | Gutachterliche Stellungnahme |
| 06 | 10.10.2014 | Prüfung der Standorteignung |
| 07 | 07.10.2014 | Schattenwurfgutachten |
| 08 | 05.12.2014 | Gutachterliche Stellungnahme zur Eiserkennung |
| 09 | 09.12.2014 | Prüfung der Standorteignung mit Lastberechnung des Herstellers |
| 10 | 19.12.2014 | Addendum Windgutachten und Abschätzung von Ertragsverlusten |
| 11 | 30.03.2015 | Aktualisierung des Windgutachtens |
| 13 | 10.09.2015 | Unabhängige Eisfallanalyse |
| 14 | 10.09.2015 | Unabhängige Risikoanalyse zum Eisfall |

## Änderungsverzeichnis

| Revision | Datum | Zusammenfassung der Änderungen |
|---|---|---|
| 00 | 06.11.2013 | Vollständiger Endbericht |
| 01 | 15.01.2014 | Vollständiger Endbericht nach 12 Monaten Messung |
| 02 | 02.10.2014 | Vollständiger Endbericht |
| 03 | 19.09.2014 | Änderung Windparklayout, Änderung Konfigurationen, Änderung Schallreduzierung |
| 04 | 23.09.2014 | Nachweis des 60%-Referenzertrages |
| 05 | 14.10.2014 | Zusammenfassung der Messung in Straubenhardt |
| 06 | 10.10.2014 | Vollständiger Endbericht |
| 07 | 07.10.2014 | Vollständiger Endbericht |
| 08 | 05.12.2014 | Gutachterliche Stellungnahme zur Eiserkennung, Vermeidung von Eiswurf |
| 09 | 09.12.2014 | Vollständiger Endbericht; Änderung im Vergleich zu Rev. 06: Einbindung der Ergebnisse der Lastberechnung des Anlagenherstellers |
| 10 | 19.12.2014 | Nachberechnung des Ertragsgutachtens für eine weitere Konfiguration und Abschätzung der Ertragsverluste aufgrund von Betriebseinschränkungen hinsichtlich Fledermaus und Schattenwurf |
| 11 | 30.03.2015 | Vollständiger Endbericht; Zusammenfassung der Ergebnisse aus Rev. 01 + 03 + 10 |
| 13 | 10.09.2015 | Vollständiger Endbericht |
| 14 | 10.09.2015 | Vollständiger Endbericht |

Industrie Service

**Definition der Vertraulichkeitsstufe**

Im Nachfolgenden wird die Klassifikation der jeweiligen Vertraulichkeitsstufe beschrieben. Die Definition der jeweiligen Vertraulichkeitsstufe soll dem Auftraggeber die Möglichkeit liefern, das Projekt und die auszustellende Dienstleistung gegenüber dem Zugriff Dritter zu schützen. Hierzu werden 3 Stufen (Klassifikationen) unterschieden, die im Feld Definition näher beschrieben sind. Die Vertraulichkeitsstufe wird bei der Beauftragung der Dienstleistung vorab durch den Auftraggeber festgelegt. Änderungen der Klassifikationen bedürfen der Schriftform seitens des Auftraggebers.

| Stufe | Klassifikation | Definition |
|---|---|---|
| A | Streng vertraulich | Nur die als Empfänger namentlich unter Angabe der Firmenanschrift genannten Personen erhalten Informationen zu diesem Projekt. |
| B | Betriebsgeheimnis | Nur die als Auftraggeber genannte Firma und deren Beschäftigten erhalten Informationen zu diesem Projekt. |
| C | Geheim | Die vom Auftraggeber genannten Firmen dürfen Informationen zu diesem Projekt erhalten. |

**Festlegung der Vertraulichkeitsstufe**

| | |
|---|---|
| Auftraggeber | Wirsol Windpark Straubenhardt GmbH & Co. KG |
| Firmenanschrift; Name | Schwetzinger Straße 22-26 |
| | D-68753 Waghäusel |
| | Herr Simon Schunter |
| Vertraulichkeitsstufe (A-C) | C |
| Verteiler | 1 x Auftragnehmer |
| | 2 x Auftraggeber |

Industrie Service

## Inhalt

**0 Einleitung ..... 8**
**1 Ausgangssituation ..... 9**
**2 Risiko und Risikoakzeptanzkriterien ..... 11**
2.1 Der Risikobegriff ..... 11
2.1.1 Risikobewertung ..... 11
2.1.2 Risikodarstellung - Risikomatrix ..... 12
2.2 Risikoakzeptanzkriterien ..... 13
2.2.1 Prinzip der Minimalen endogenen Sterblichkeit (MEM) ..... 13
2.2.2 Das ALARP-Prinzip ..... 14
2.2.3 Kollektives Risiko ..... 15
2.2.4 Im Rahmen der Untersuchung verwendete Akzeptanzkriterien ..... 16
2.2.5 Vergleichsrisiken ..... 18
**3 Für die Risikoanalyse verwendete Methodik ..... 19**
3.1 Schadensausmaß ..... 19
3.1.1 Die Probit-Funktion ..... 19
3.1.2 Massenverteilung der Eisstücke ..... 20
3.1.3 Ermittlung des mittleren Schadensausmaßes ..... 21
3.2 Eintrittshäufigkeit ..... 22
3.2.1 Betrachtete Expositionsszenarien ..... 23
3.2.2 Ermittlung der Trefferwahrscheinlichkeit ..... 24
3.2.3 Ermittlung der Aufenthaltswahrscheinlichkeit ..... 24
3.2.4 Berücksichtigung eines Reduktionsfaktors ..... 25
3.2.5 Ermittlung der Gefährdungswahrscheinlichkeit ..... 25
3.3 Ermittlung des Risikos für die einzelnen Szenarien und Gesamtrisiko ..... 25
3.4 Berücksichtigung von Sicherheitsmaßnahmen ..... 25
**4 Ermittlung des von den Anlagen ausgehenden Gesamtrisikos ..... 27**
4.1 Untersuchungsobjekte ..... 27
4.2 Risiken ausgehend von der WEA 1 ..... 35
4.3 Risiken ausgehend von der WEA 2 ..... 38
4.4 Risiken ausgehend von der WEA 3 ..... 41
4.5 Risiken ausgehend von der WEA 5 ..... 44
4.6 Risiken ausgehend von der WEA 6 ..... 47
4.7 Risiken ausgehend von der WEA 10 ..... 51
4.8 Risiken ausgehend von der WEA 11 ..... 58
4.9 Risiken ausgehend von der WEA 12 ..... 62
4.10 Risiken ausgehend von der WEA 13 ..... 66

Industrie Service

4.11 Risiken ausgehend von der WEA 14 ..... 70
4.12 Risiken ausgehend von der WEA 15 ..... 74
**5 Zusammenfassung und Vorschlag von Gegenmaßnahmen ..... 78**
**6 Literaturverzeichnis ..... 86**

Industrie Service

# 0 Einleitung

Dieser hier vorliegende Bericht beruht auf dem Angebot mit der Nr. AN-WG-1506-243-BW REV.1 vom 30.06.2015 [2]. Der Auftraggeber hat dieses am 01.07.2015 schriftlich beauftragt [3]. Es wurden folgende Positionen des Angebotes beauftragt:

- Pos. MS-500: Eisfallberechnung Trudelbetrieb
- Pos. MS-501: Eisfallberechnung für zusätzliche WEA im Park
- Pos. MS-510: Risikoanalyse
- Pos. MS-511: Risikoanalyse für zusätzliche WEA im Park

Der geplante Windpark trägt den Projektnamen Straubenhardt. Die grobe Lokalisierung kann durch die Gemeinde Straubenhardt und den Ortsteil Dennach der Stadt Neuenbürg im Enzkreis in Baden-Württemberg erfolgen.

Vom Auftraggeber wurde eine Parkkonfiguration mit den jeweiligen Koordinaten der geplanten und zu betrachtenden Windenergieanlagen (WEA) vorgegeben [4].

In der Risikoanalyse wurden die folgenden Anlagendaten verwendet:

- Parkkonfiguration VII: 11 x Siemens SWT-3.0-113 mit 3.0 MW Leistung, 142.5 m Nabenhöhe und einem Rotordurchmesser von 113 m.

Im Rahmen der vorliegenden Analyse werden die folgenden Ergebnisse ausgegeben:

- Risikobewertung des Eisfalls für die im Einwirkbereich der geplanten Anlagen befindlichen Wege und Straßen.

Dieser hier vorliegende Bericht wurde von TÜV SÜD IS erstellt, um das Risiko durch abfallende Eisstücke von den geplanten Anlagen des Windparks Straubenhardt zu ermitteln.

Diese Betrachtung ist notwendig, weil sich schutzwürdige Untersuchungsobjekte innerhalb des durch den Windenergieerlass Baden-Württemberg [23] sowie durch die Richtlinie für Windenergieanlagen [22] definierten Radius von *1.5 x (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe)* um die geplanten Windenergieanlagen befindet.

Zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer existieren keine weiteren geschäftlichen Verbindungen zu diesem hier durchgeführten Projekt.

In diesem hier vorliegenden Bericht werden als Dezimaltrennzeichen Punkte verwendet. Zudem wird ein Hochstrich als Zifferngruppierung eingeführt, der die Tausender-Gruppierung anzeigt.

Industrie Service

# 1 Ausgangssituation

Die hier durchgeführte Risikoanalyse basiert auf den Ergebnissen der Eisfallberechnungen für das Windenergieprojekt Straubenhardt [1].

Bezugnehmend auf die verfügbaren Dokumente zum Eiserkennungssystem sowie die zusätzliche standortspezifische Betrachtung der Eisfallsituation bei Trudelbetrieb [1] sind die Anforderungen gemäß Ziffer 3.3 der Anlage 2.7/12 der Richtlinie für Windenergieanlagen – Liste der technischen Baubestimmungen [22] aus gutachterlicher Sicht erfüllt. Demnach kann der Eiswurf von den am Standort Straubenhardt geplanten WEA des Typs Siemens SWT-3.0-113 während des laufenden Betriebs durch die Installation des in [1] beschriebenen Eiserkennungsystems ausgeschlossen werden.

Somit wurde in der Eisfallanalyse nur der Eisfall von einer vereisungsbedingt abgeschalteten und sich in Trudelbetrieb befindlichen Anlage betrachtet. Nähere Angaben zu den obigen Dokumenten sind dem Bericht der Eisfallanalyse [1] zu entnehmen.

Es wurden in [1] relative Häufigkeiten für Eisfall in den vier untersuchten Szenarien ermittelt:

- Szenario A: Eisstück aus Raureif mit 90 g Gewicht
- Szenario B: Eisstück aus Raureif mit 240 g Gewicht
- Szenario C: Eisstück aus Klareis mit 70 g Gewicht
- Szenario D: Eisstück aus Klareis mit 180 g Gewicht

Die Standorte der zu betrachtenden Windenergieanlagen sind in folgender Abbildung dargestellt.

Industrie Service

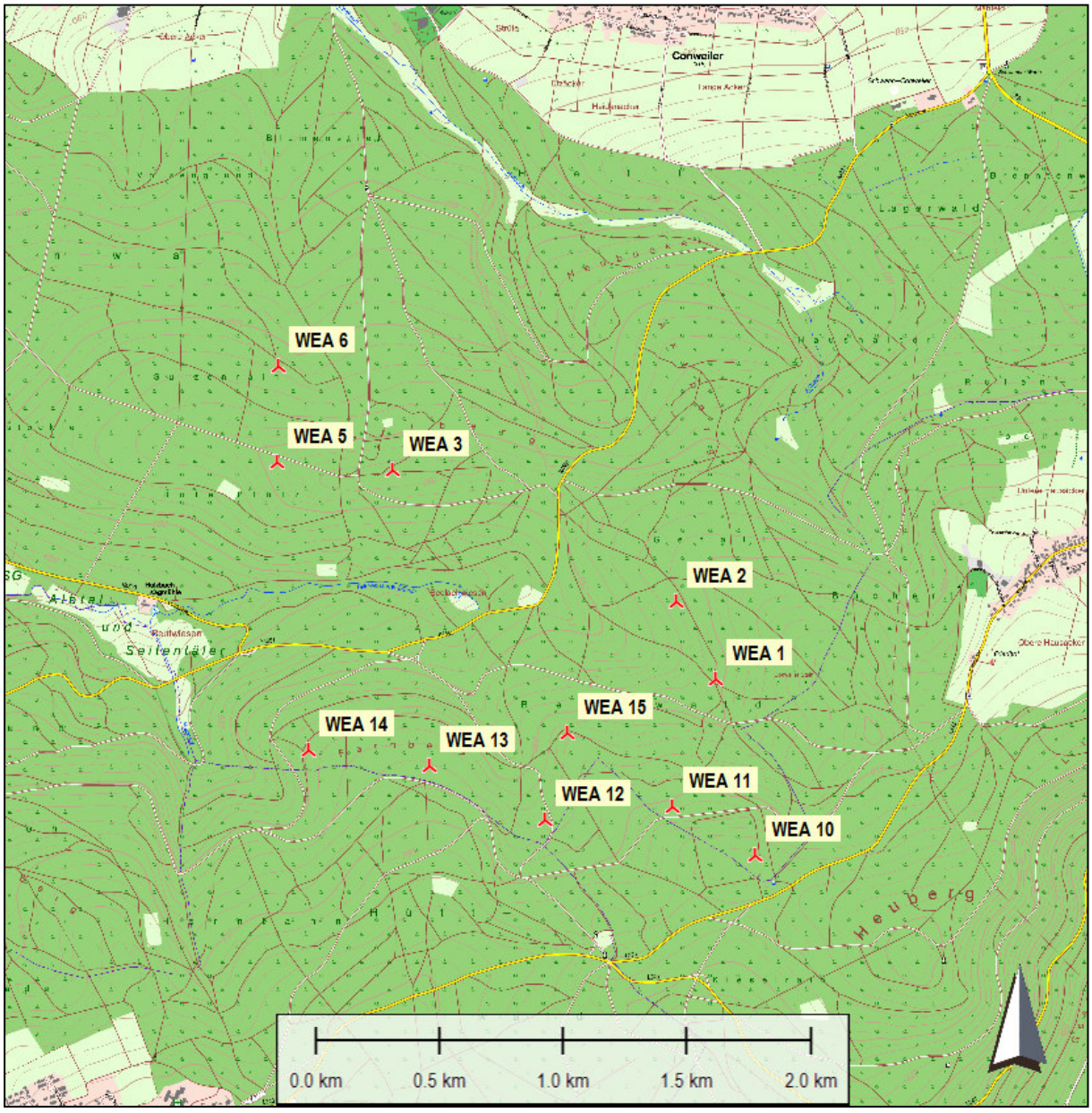



**Abbildung 1-1: Topographische Karte [16] mit den geplanten Windenergieanlagen am Standort Straubenhardt (Konfiguration VII).**

Industrie Service

# 2 Risiko und Risikoakzeptanzkriterien

## 2.1 Der Risikobegriff

Risikoanalysen stellen ein geeignetes Instrumentarium dar, um die vorhandene Unsicherheit qualitativ oder quantitativ zu beschreiben und Entscheidungsvarianten eine kalkulierte Wirkung zuzurechnen. Hierfür wird in der Technik die bekannte „Formel“

***Risiko = Eintrittshäufigkeit * Ausmaß der Auswirkungen eines Ereignisses***

herangezogen. Damit wird zum Ausdruck gebracht, dass bei geringerem Schadensausmaß üblicherweise eine höhere Eintrittswahrscheinlichkeit akzeptiert wird. Steigt das Schadensausmaß an, muss die Häufigkeit des Ereignisses sinken, um in den akzeptablen Bereich zu gelangen. Hohe Schäden, die dazu noch häufig auftreten, sind hingegen nicht annehmbar. Intuitiv ist klar, dass zwischen den akzeptablen und den unakzeptablen Risiken ein Übergangsbereich liegt, in dem ggf. Verbesserungen möglich oder sinnvoll sind.

Die Begriffe in der obigen Formel sind wie folgt zu verstehen:

Die *Eintrittshäufigkeit* bezeichnet die Anzahl der Ereignisse innerhalb eines Zeitraums. Sie ist eine statistische Größe, d. h. sie spiegelt die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses in einem bestimmten Zeitraum wieder. Das *Ausmaß der Auswirkungen* eines Ereignisses kann entsprechend des Verwendungszweckes einer Risikoanalyse unterschiedlich definiert werden. Sicherheitsorientierte Betrachtungen in der Technik bestimmen in erster Linie Ereignisse mit der möglichen Folge von Schäden für Leib und Leben. Umwelt- und/oder Sachschäden werden üblicherweise in Geldeinheiten ausgedrückt („monetarisiert“).

### 2.1.1 Risikobewertung

Ergebnis einer Risikoanalyse ist zunächst eine Aussage über das absolute Risiko. Um aber risikobasiert Entscheidungen vorbereiten zu können, muss dieser Risikowert durch Vergleich mit „üblicherweise akzeptierten“ Risiken eingeordnet und bewertet werden. Diese Aufgabe ist offensichtlich schwierig und mit Unwägbarkeiten behaftet, da der Übergangsbereich zwischen akzeptablem und inakzeptablem Bereich nicht eindeutig fixiert ist.

Beispiel:

Das Bewegen eines Fahrzeugs stellt eine (erlaubte) Gefährdung dar. Bei Einhaltung der Geschwindigkeitsbegrenzungen wird grundsätzlich unterstellt, dass die Schadenshäufigkeit und Schadensauswirkung allgemein akzeptiert werden können. Eine explizite Quantifizierung dieses „Grenzrisikos“ existiert im deutschen Recht nicht.

Generell können dabei zwei Kriterien betrachtet werden (siehe Abbildung 2-1):

1. Übersteigt das Schadensausmaß eine bestimmte Grenze, muss immer Abhilfe geschaffen werden. Ein derartiges Ereignis liegt unabhängig von der Eintrittswahrscheinlichkeit stets im nicht akzeptablen Abschnitt der Graphik.

2. Ebenso verhält es sich mit Ereignissen, die zu häufig eintreten. Auch hier gibt es eine Grenze, ab der unabhängig vom Schadensausmaß der nicht akzeptable Bereich beginnt, da allein schon aus betrieblichen Gründen das Risiko zu hoch wird.

Zur Bestimmung der Lage der in Abbildung 2-1 dargestellten Akzeptanzgrenzen gibt es mehrere international übliche Vorgehensweisen, die letztendlich alle vergleichbare Ergebnisse bzw. Akzeptanzwerte liefern.

Industrie Service

Bei einer Technologie, die mit sehr großen Ängsten behaftet ist, kann der Übergangsbereich sehr ausgedehnt sein. Ein weiterer Aspekt bei der Beurteilung eines Risikos ist der Grad der Freiwilligkeit der Risikoexposition, da freiwillig eingegangene Risiken (z. B. Sport) eher akzeptiert werden als unfreiwillig eingegangene Risiken, wie sie etwa mit der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel, von Gebäuden oder der Erzeugung bestimmter Leistungen verbunden sind.

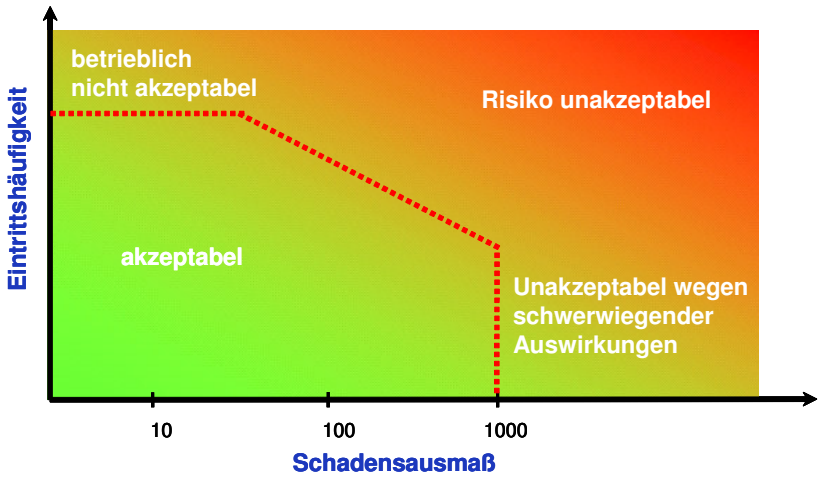



**Abbildung 2-1: Akzeptanzgrenzen im Risikodiagramm.**

Dies macht bereits deutlich, dass neben der „absoluten Risikobewertung“ einer Anlage auch die relative Risikobetrachtung von Bedeutung ist, d.h. die vergleichende Risikobetrachtung mit üblicherweise akzeptierten Risiken der Gesellschaft.

### 2.1.2 Risikodarstellung - Risikomatrix

Die Darstellung mittels eines Risikodiagramms ist nützlich, wenn Wahrscheinlichkeiten und Konsequenzen in präzisen Zahlen und eindeutigen Dimensionen angegeben oder berechnet werden können. In der Tat werden Risikoanalysen mit einer Vielfalt von quantitativen und qualitativen Methoden durchgeführt.

Sogenannte semi-quantitative Methoden haben den Vorteil, dass mit ihnen Ereignisdaten ebenso wie Expertenwissen berücksichtigt werden können. Sie erlauben es daher, subjektive Einschätzungen und objektive Erfahrungen miteinander zu verbinden. Dadurch ist es nicht mehr möglich, einzelne „Punkte“ im Risikodiagramm aufzuzeigen. Vielmehr sind nur noch Abschätzungen etwa der Größenordnung nach möglich.

Das Risikodiagramm wird damit zu einer Risiko-Matrix, wie sie die Abbildung 2-2 exemplarisch zeigt. Anstelle kontinuierlich verteilter Größen verwendet die Risiko-Matrix diskrete Kategorien für die Eintrittshäufigkeit (z. B. “1” bis “5”) und das Ausmaß (z. B. “A” bis “E”).

Diese Parameter werden qualitativ oder halbquantitativ geschätzt und umschrieben. So kann die “5” etwa “beinahe sicher” bedeuten, “1” hingegen “extrem unwahrscheinlich”. Entsprechend steht z.B. “E” für “katastrophale”, “A” für “vernachlässigbare Ereignisse“. Der logarithmischen Auftragung der Achsenwerte im Risikodiagramm entsprechend unterscheiden sich die benachbarten Kategorien dabei je um eine Größenordnung.

Der **Bereich I** (grüner Bereich) ist die Region akzeptabler Risiken (s. o. Risikobewertung). Befindet sich ein System in diesem Sektor, sind weitere risikoreduzierende Maßnahmen aus sicherheitstechnischer Sicht nicht notwendig. Im **Bereich II** (gelber und oranger Übergangsbereich) sind Verbesserungsmaßnahmen sinnvoll, im **Bereich III** (rot) sind sie unumgänglich.

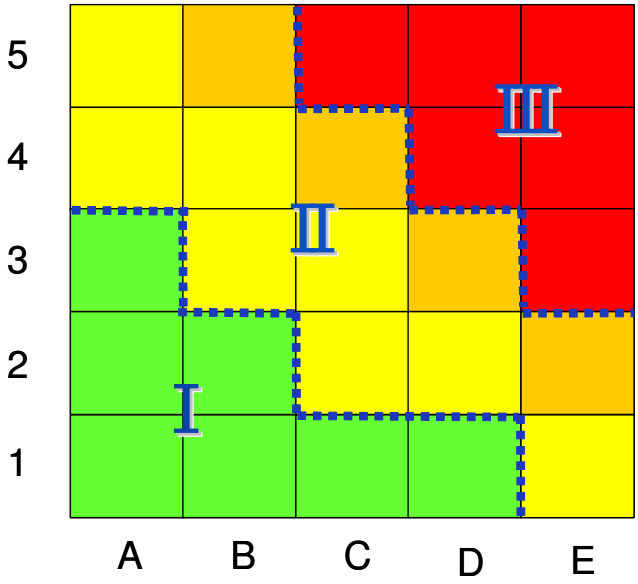



**Abbildung 2-2: Beispiel einer Risikomatrix.**

Da die Skalierungen und Festlegungen vor der Bewertung einzelner Ereignisse und Maßnahmen erfolgen, wird eine objektive und ergebnisoffene Bewertung einerseits erleichtert, andererseits bleibt aber auch jede einzelne getroffene Bewertung sehr transparent. Erläuterungen zu den einzelnen Farbkodierungen sind in Tabelle 1 zu finden.

Wo die Grenzwerte für die einzelnen Bereiche des Risikos liegen, wird im folgenden Kapitel ausgehend von international üblichen Vorgehensweisen hergeleitet. Dabei wird der Übergangsbereich (gelber und oranger Bereich) zwischen akzeptablen und unakzeptablen Risiken zur besseren Abstufung risikoreduzierender Maßnahmen nochmals unterteilt.

## 2.2 Risikoakzeptanzkriterien

Zur Bestimmung des akzeptablen Risikos gibt es mehrere international übliche Vorgehensweisen, die letztendlich alle vergleichbare Ergebnisse liefern. Zunächst muss geklärt werden, welches Risiko als Vergleichsrisiko herangezogen wird. Grundsätzlich gibt es zwei Arten ein Risiko zu ermitteln. Je nachdem welches Ziel mit der Analyse verfolgt wird, wird entweder das *kollektive Risiko* oder das *individuelle Risiko* ermittelt.

Das kollektive Risiko ist das Gesamtrisiko für die Summe aller betroffenen Personen im betrachteten Szenario. Das Risiko für einen Einzelnen ist dabei jedoch unbekannt.

Das individuelle Risiko ist das Risiko, dem eine einzelne Person ausgesetzt ist. Durch diese Reduktion auf eine vergleichbare Basis kann dieses Risiko mit anderen technischen Bereichen verglichen werden.

### 2.2.1 Prinzip der Minimalen endogenen Sterblichkeit (MEM)

Die Frage, welches individuelle Risiko als akzeptabel gilt, hängt von mehreren Faktoren ab. Zunächst einmal muss geklärt werden, welche Risiken auf eine Person einwirken. Dazu wird in [24] das Prinzip der minimalen endogenen Sterblichkeit (MEM) eingeführt. Bei diesem Prinzip wird davon ausgegangen, dass der Tod sich aus vielen verschiedenen Ursachen ergibt. Eine dieser Ursachengruppe wird „Technologische Tatsachen“ genannt, z. B.

- Unterhaltung und Sport (Surfen, Extremsport usw.);
- Heimwerker-Aktivitäten (Rasenmähen usw.);
- Arbeitsmaschinen;
- Verkehr.

Diese Gruppe hat einen bestimmten Prozentsatz von Toten pro Jahr zur Folge, der je nach Alter der betrachteten Bevölkerungsgruppe unterschiedlich ist. Das entsprechende Risiko wird als „Endogene Sterblichkeit R" bezeichnet. In wirtschaftlich gut entwickelten Ländern ist R für die Gruppe der 5- bis 15-jährigen am niedrigsten. Die unterste Stufe der endogenen Sterblichkeit, bekannt als „Minimale endogene Sterblichkeit" und mit „Rm" bezeichnet, wurde bestimmt als

$$Rm = 2 \cdot 10^{-4} \frac{Todesfälle}{Jahr}.$$

Daraus wird folgende Regel gebildet:

„Gefahren, die auf eine neue Industrieanlage zurückzuführen sind, dürfen *keine nennenswerte* Erhöhung der Zahl Rm verursachen."

Damit werden mit dem MEM-Prinzip folgende Grenzwerte festgelegt:

- R1 ≤ $10^{-5}$ Todesfälle/Person x Jahr
- R2 ≤ $10^{-4}$ Schwerverletzte/Person x Jahr
- R3 ≤ $10^{-3}$ Leichtverletzte/Person x Jahr

Die hiermit festgelegten Grenzwerte können als absolute Obergrenze betrachtet werden. Risiken, die darüber liegen, sind für Privatpersonen absolut unakzeptabel[1]. Ein weiterer Aspekt, der sich aus diesen Grenzwerten ergibt ist im CENELEC-Report [10], der für europäische Bahnen den Status einer Richtlinie hat, konkret erwähnt. Hier wird für eine quantitative Risikoermittlung folgende Umrechnungsvorschrift empfohlen:

*1 Toter = 10 Schwerverletzte = 100 Leichtverletzte*

### 2.2.2 Das ALARP-Prinzip

Eine etwas andere Herangehensweise mit anderen Grenzwerten wird von der britischen HSE empfohlen ([11][12]). Hier werden verschiedene Grenzwerte für verschiedene Bevölkerungsgruppen ermittelt. So gelten z. B. für Arbeiter Grenzwerte von $10^{-3}$ Todesfällen pro Jahr.

Insgesamt sieht die britische HSE bei einem jährlichen individuellen Todesfallrisiko von 1:1.000.000 ($10^{-6}$) die Schwelle erreicht, bei der zusätzliche Kosten zur Risikovorsorge nicht mehr im Verhältnis zum Sicherheitszugewinn stehen. Mit anderen Worten: Ausprägungen des individuellen Risikos, die kleiner als dieser Wert sind, gelten grundsätzlich als akzeptabel – es besteht kein Handlungsbedarf für weitere risikoreduzierende Maßnahmen.

---

[1] Für beruflich exponierte Personen wird im Allgemeinen ein um einen Faktor 10 höheres Risiko als Akzeptanzgrenze definiert.

Industrie Service

Die zwischen diesen Schwellen befindliche Zone wird als ALARP-Zone angesehen, bei der fallbezogen und unter Berücksichtigung einer Kosten-Nutzenabwägung ein vertretbares Risiko von der Aufsichtsbehörde festgelegt wird. Die nachfolgende Abbildung 2-3 zeigt das ALARP-Prinzip im Überblick.

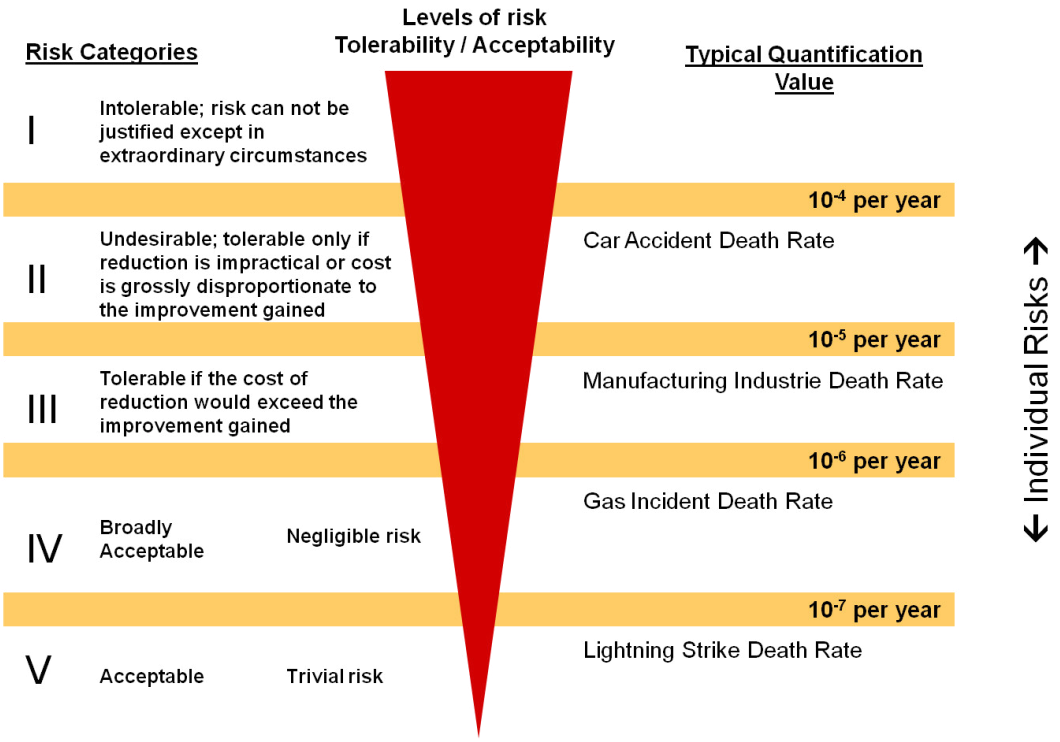



**Abbildung 2-3: ALARP Prinzip.**

Das ALARP Prinzip wird im Allgemeinen für die Darstellung der einzelnen Kategorien aus Abbildung 2-2 verwendet, so spricht man bei dem gelb gekennzeichneten Bereich auch vom „unteren ALARP Bereich“ und beim orange gekennzeichneten Bereich vom „oberen ALARP Bereich“.

### 2.2.3 Kollektives Risiko

Alle o. g. Werte gelten für das individuelle Risiko. Wird stattdessen das kollektive Risiko betrachtet, gibt es weniger gesicherte Quellen, welches Referenzrisiko zur Bewertung herangezogen wird.

Die in folgender Abbildung 2-4 dargestellte Vorgehensweise aus [21] fasst die Erkenntnisse am anschaulichsten zusammen. Je höher die Anzahl der Personenschäden (x-Achse) ist, umso unwahrscheinlicher muss ein Ereignis sein. Im Fall von Windenergieanlagen ist das Schadensausmaß N mit 1 anzusetzen. Der kollektive Ansatz wird durch die Anzahl der gefährdeten Personen in die Betrachtung mit einbezogen.

Nach dieser Darstellung ist die untere Akzeptanzgrenze mit $10^{-5}$ Todesfällen pro Jahr und die obere Akzeptanzgrenze mit $10^{-3}$ Todesfällen pro Jahr definiert. Dies liegt einen Faktor 100 über den üblichen Akzeptanzgrenzen für das individuelle Risiko.

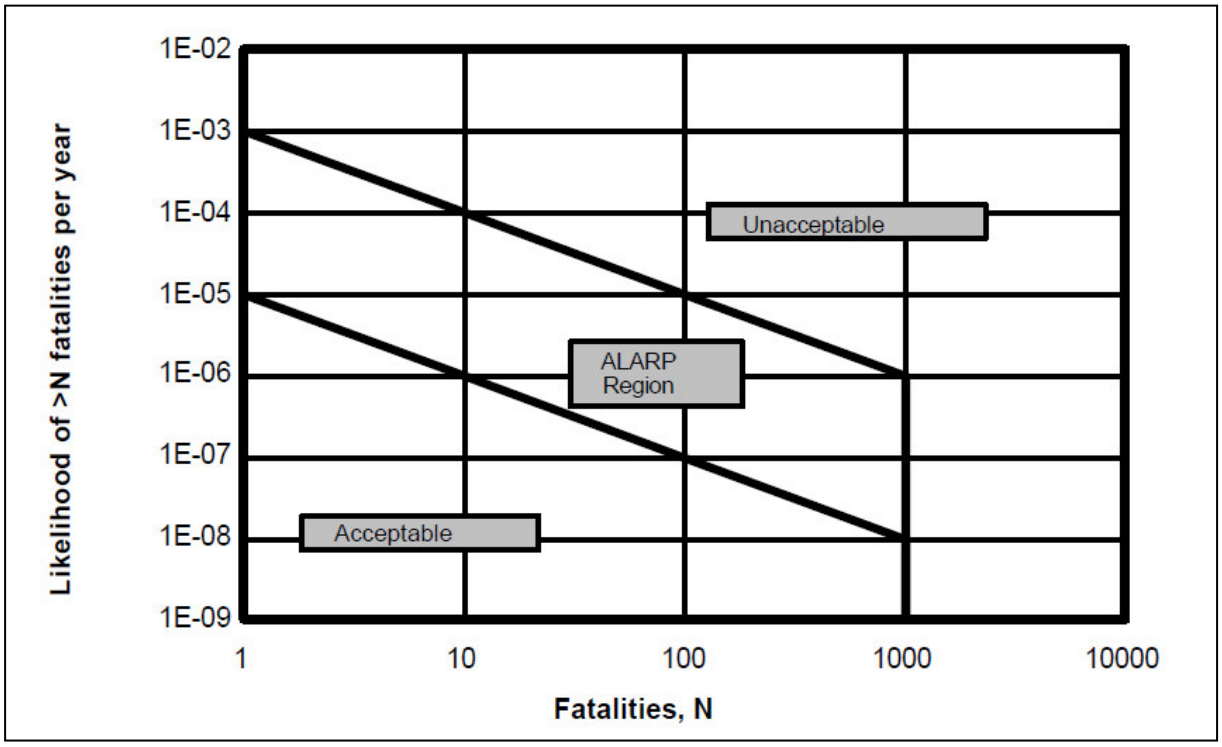



**Abbildung 2-4: Kollektives Risiko – F-N-Kurve nach [22].**

D. h. wenn auf einer vorbeiführenden Straße die Verkehrsdichte mit 100 Bewegungen pro Tag angenommen wird, so ist das kollektive Risiko um einen Faktor 100 größer als das individuelle Risiko. Die Risikobewertung ist jedoch identisch. Ist die Verkehrsdichte kleiner als 100 Bewegungen pro Tag, überwiegt das individuelle Risiko, ansonsten ist das kollektive Risiko zu betrachten.

### 2.2.4 Im Rahmen der Untersuchung verwendete Akzeptanzkriterien

Aus dem ALARP-Prinzip lässt sich ein Akzeptanzbereich von $10^{-4}$ – $10^{-6}$ Todesfällen pro Person und Jahr im Bereich der Arbeitssicherheit ableiten, für unbeteiligte Dritte (Spaziergänger oder Autofahrer) wird im Allgemeinen ein strengerer Akzeptanzbereich von $10^{-5}$ – $10^{-7}$ angesetzt. Als Grenzen für das kollektive Risiko, z. B. bei stark befahrenen Straßen, wird nach Kapitel 2.2.3 ein Akzeptanzbereich von $10^{-3}$ – $10^{-5}$ angesetzt. Dieser Bereich definiert für gewöhnlich das, was durch den aktuell verfügbaren Stand der Technik erwartet werden kann und ist somit auch generell für die vorliegende Risikobetrachtung zu verwenden.

Es ist üblich verschiedene Kategorien, in denen das Risiko liegen kann, zu definieren. Dabei werden den Kategorien entsprechend der Einschätzung des Risikos verschiedene Farbkodierungen zugeordnet, dabei wird an die Farben des in Abbildung 2-1 dargestellten Risikodiagramms angelehnt. In Tabelle 1 sind die in der vorliegenden Risikobetrachtung verwendeten Risikokategorien für Spaziergänger und Autofahrer dargestellt.

Industrie Service

| ***Risikowert (1/a) und Farbkodierung*** | ***Risikobewertung*** |
|---|---|
| Kleiner als $10^{-08}$ (individuell)<br>Kleiner als $10^{-07}$ (beruflich)<br>Kleiner als $10^{-06}$ (kollektiv) | Das Risiko ist ***vernachlässigbar***. Es liegt weit unterhalb aller anderen aus dem Alltag bekannten Risiken. |
| Zwischen $10^{-08}$ und $10^{-07}$ (individuell)<br>Zwischen $10^{-07}$ und $10^{-06}$ (beruflich)<br>Zwischen $10^{-06}$ und $10^{-05}$ (kollektiv) | Das Risiko liegt im ***akzeptablen*** Bereich, es besteht aus risikoorientierter Sicht kein Handlungs-bedarf. |
| Zwischen $10^{-07}$ und $10^{-06}$ (individuell)<br>Zwischen $10^{-06}$ und $10^{-05}$ (beruflich)<br>Zwischen $10^{-05}$ und $10^{-04}$ (kollektiv) | Das Risiko ist ***tolerierbar*** und liegt im unteren ALARP-Bereich. Sofern weitergehende Maßnahmen zur Risikoreduzierung bekannt sind, können diese unter Kosten-Nutzen-Aspekten geprüft werden. Eine Empfehlung, solche Maßnahmen umzusetzen wird jedoch nicht ausgesprochen. |
| Zwischen $10^{-06}$ und $10^{-05}$ (individuell)<br>Zwischen $10^{-05}$ und $10^{-04}$ (beruflich)<br>Zwischen $10^{-04}$ und $10^{-03}$ (kollektiv) | Das Risiko ist ***hoch*** und liegt im oberen ALARP-Bereich. Die Umsetzung von bekannten risikoreduzierenden Maßnahmen wird dringend empfohlen bzw. es wird empfohlen, nach weitergehenden risikoreduzierenden Maßnahmen auch über den Stand der Technik hinaus zu suchen. |
| Größer $10^{-05}$ (individuell)<br>Größer $10^{-04}$ (beruflich)<br>Größer $10^{-03}$ (kollektiv) | Das Risiko ist ***unakzeptabel hoch***. Maßnahmen zur Risikoreduktion müssen umgehend eingeleitet werden. |

**Tabelle 1: In der Analyse verwendete Risikokategorien inklusive der Farbcodierung.**

Grundsätzlich kann für die Risikoanalyse folgende Faustregel getroffen werden: Bei Fuß- und Feldwegen kann von einer sehr geringen Verkehrsdichte ausgegangen werden (Ausnahme: Sehenswürdigkeiten bzw. Ausflugsziele in der Nähe). Hier wird in der Regel das individuelle Risiko als abdeckend betrachtet.

Für jegliche Straße, an der KFZ-Verkehr herrscht, muss von einer Verkehrsdichte größer als 100 Bewegungen pro Tag ausgegangen werden. Hier wird das kollektive Risiko als Vergleichsmaßstab herangezogen.

Industrie Service

### 2.2.5 Vergleichsrisiken

Um die später ermittelten Risiken korrekt einordnen zu können, ist es hilfreich diese an bekannten Vergleichsrisiken zu spiegeln. Nachfolgende Tabelle 2 gibt die Größenordnung verschiedener Vergleichsrisiken wieder [24].

| | **Ursache / Tätigkeit** | **Todesfallrisiko / Jahr** |
|---|---|---|
| Berufsrisiken | Arbeiter auf Baustellen | 1.0E-04 |
| | Arbeiter in der Metallherstellung | 5.5E-05 |
| | Elektroingenieur | 8.0E-06 |
| verschiedene Verkehrsrisiken | Eisenbahn | 4.4E-06 … 1.5E-05 |
| | PKW-Fahrer | 2.0E-04 … 2.2E-04 |
| | Flugzeug (Passagiere) | 0.67E-04 … 1.2E-04 |
| Freizeitaktivitäten | Bergsteigen | 1.0E-03 … 2.7E-03 |
| | Fallschirmspringen (USA) | 2.0E-03 |
| | Urlaub (UK 1990) | 1.0E-04 |
| Alltagsrisiken | Hausarbeit | 1.0E-04 |
| | Gebäudebrand | 8.0E-06 |
| | Blitzschlag (UK, USA) | 1.0E-07 … 5.0E-07 |

**Tabelle 2: Vergleichsrisiken.**

Aus Tabelle 2 ergibt sich für die Arbeitssicherheit ein maximales Berufsrisiko von ca. $10^{-4}$ Todesfällen pro Person und Jahr (Anmerkung: besonders risikoexponierte Tätigkeitsfelder wurden in Tabelle 2 nicht berücksichtigt). Für unbeteiligte Dritte wird im Allgemeinen eine um eine Zehnerpotenz niedrigere Akzeptanzgrenze angesetzt, was der oberen Grenze des in Kapitel 2.2.4 definierten Bereichs entspricht.

Industrie Service

# 3 Für die Risikoanalyse verwendete Methodik

## 3.1 Schadensausmaß

Nach der in Kapitel 2 gegebenen Definition wird das Risiko aus den Parametern Eintrittshäufigkeit und Schadensausmaß eines Ereignisses bestimmt. Dies unterscheidet Risikoanalysen von Gefährdungsanalysen, bei denen die Eintrittshäufigkeit eine untergeordnete Rolle spielt. Zur Bestimmung des Schadensausmaßes gibt es verschiedene Möglichkeiten, häufig wird lediglich abschätzt, ob eine leichte Verletzung, eine schwere Verletzung oder ein Todesfall zu erwarten ist.

### 3.1.1 Die Probit-Funktion

Um das Schadensausmaß realitätsnäher zu bestimmen, kann mit der in [15] beschriebenen Methodik der Probit-Funktion die Mortalitätsrate (die Wahrscheinlichkeit bei einem Treffer am Kopf durch ein Projektil ums Leben zu kommen) ermittelt werden.

Die Probit-Funktion ist definiert durch

$$\Pr = -17.56 + 5.3 \cdot \ln S$$

*mit*

$$S = \frac{1}{2} m v^2$$

und somit ausschließlich von der kinetischen Energie des Projektils abhängig. Diese Funktion wird verwendet, um die Todesfallwahrscheinlichkeit zu ermitteln, wenn eine Person von einem Objekt mit einer Masse *m* bei einer Geschwindigkeit *v* am Kopf getroffen wird. Gültig ist diese Funktion für Massen zwischen 0.1 und 4.5 kg[2]. Die Mortalität in Abhängigkeit vom Wert der Probit-Funktion lässt sich aus der von [15] entnommenen Tabelle 3-1 ableiten:

| % | 0.00 | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 4.00 | 5.00 | 6.00 | 7.00 | 8.00 | 9.00 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **0** | - | 2.67 | 2.95 | 3.12 | 3.25 | 3.36 | 3.45 | 3.52 | 3.59 | 3.66 |
| **10** | 3.72 | 3.77 | 3.82 | 3.90 | 3.92 | 3.96 | 4.01 | 4.05 | 4.08 | 4.12 |
| **20** | 4.16 | 4.19 | 4.23 | 4.26 | 4.29 | 4.33 | 4.36 | 4.39 | 4.42 | 4.45 |
| **30** | 4.48 | 4.50 | 4.53 | 4.56 | 4.59 | 4.61 | 4.64 | 4.67 | 4.69 | 4.72 |
| **40** | 4.75 | 4.77 | 4.80 | 4.82 | 4.85 | 4.87 | 4.90 | 4.92 | 4.95 | 4.97 |
| **50** | 5.00 | 5.03 | 5.05 | 5.08 | 5.10 | 5.13 | 5.15 | 5.18 | 5.20 | 5.23 |
| **60** | 5.25 | 5.28 | 5.31 | 5.33 | 5.36 | 5.39 | 5.41 | 5.44 | 5.47 | 5.50 |
| **70** | 5.52 | 5.55 | 5.58 | 5.61 | 5.64 | 5.67 | 5.71 | 5.74 | 5.77 | 5.81 |
| **80** | 5.84 | 5.88 | 5.92 | 5.95 | 5.99 | 6.04 | 6.08 | 6.13 | 6.18 | 6.23 |
| **90** | 6.28 | 6.34 | 6.41 | 6.48 | 6.55 | 6.64 | 6.75 | 6.88 | 7.05 | 7.33 |
| | | | | | | | | | | |
| **-** | **0.00** | **0.10** | **0.30** | **0.30** | **0.40** | **0.50** | **0.60** | **0.70** | **0.80** | **0.90** |
| **99** | 7.33 | 7.37 | 7.41 | 7.46 | 7.51 | 7.58 | 7.65 | 7.75 | 7.88 | 8.09 |

**Tabelle 3: Zusammenhang zwischen Todesfallwahrscheinlichkeit und Wert der Probit-Funktion.**

[2] Streng genommen ist sie für die angenommenen Massen zwischen 70 g und 90 g (Szenarien C bzw. A) nicht mehr gültig, sie kann aber auch hier näherungsweise verwendet werden.

Folgende Beispiele erläutern, wie Tabelle 3 zu lesen ist:

- Beträgt der Wert der Probit-Funktion 2.67 (Zeile 2, Spalte 3), so ist die Todesfallwahrscheinlichkeit mit 1% anzusetzen.
- Beträgt der Wert der Probit-Funktion 5.36 (Zeile 8, Spalte 6), so ist die Todesfallwahrscheinlichkeit mit 64% anzusetzen.

Aus [20] kann für Objekte verschiedener Masse und Formen die Auftreffgeschwindigkeit *v(m)* in Abhängigkeit von der Masse des Projektils und unter Berücksichtigung des Luftwiderstandbeiwertes für die betrachtete Nabenhöhe von 142.5 m ermittelt werden.

Die cw-Werte wurden anhand [21] (Seite B60) abgeschätzt. Demnach kann für Eisplatten ein cw-Wert von ca. 1 herangezogen werden.

Es ergeben sich unter Berücksichtigung der verschiedenen Dichten von Raureif (600 kg/m³) und Klareis (900 kg/m³) Auftreffgeschwindigkeiten von

- 30 m/s (Raureif) bzw.
- 35 m/s (Klareis).

### 3.1.2 Massenverteilung der Eisstücke

In der vorliegenden Risikobetrachtung werden, abgeleitet aus den Untersuchungen von [13], 60 g bzw. 360 g als die am häufigsten vorkommende Masse angenommen, sowie 1.5 kg bzw. 4.5 kg als seltene Ereignisse betrachtet. Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass die Massen Lognormalverteilungen folgen, die ihr Maximum bei 60 g bzw. 360 g haben und deren 99%-Perzentil bei 1.5 kg bzw. 4.5 kg liegt.

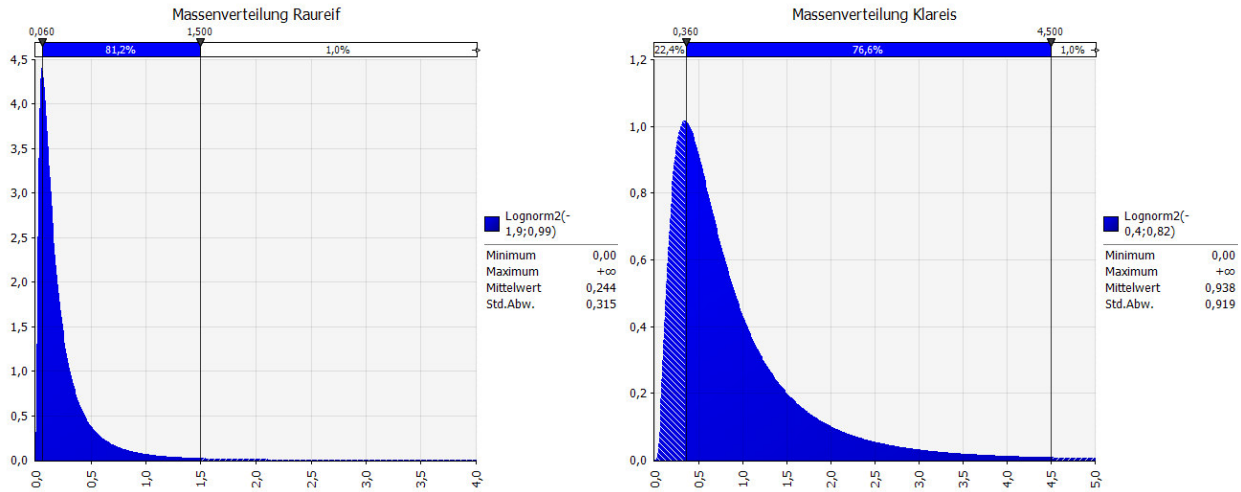



**Abbildung 3-1: Angenommene Massenverteilung für Raureif (links) bzw. Klareis (rechts).**

Die Kurven in Abbildung 3-1 ergeben sich mit diesen Annahmen für die Perzentile bzw. Maxima aus folgender Formel für die Wahrscheinlichkeitsdichte der Lognormalverteilung:

Industrie Service

$$f(m) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma \cdot m} \cdot e^{-\left(\frac{(\ln m - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)}$$

mit

*m:* *Masse des Eisprojektils*

$\sigma$: *0.99*

$\mu$: *-1.9*

für Raureif bzw.

$\sigma$: *0.82*

$\mu$: *-0.4*

für Klareis.

### 3.1.3 Ermittlung des mittleren Schadensausmaßes

Aus der Masse *m* und der Geschwindigkeit *v(m)* kann der Wert der Probit-Funktion *Pr(m)* bestimmt werden. Das Schadensausmaß *C(m)* kann anschließend aus Tabelle 3-1 ermittelt werden. In Abbildung 3-2 ist zu sehen, dass der Bereich, in dem das Schadensausmaß variiert, relativ schmal ist. So gibt es für Eisplatten aus Raureif bei einem angenommenen cw-Wert von 1 unterhalb einer Masse von 90 g keinen relevanten Schaden, oberhalb einer Masse von 240 g muss das Schadensausmaß mit 1 angesetzt werden (Todesfall durch Treffer).

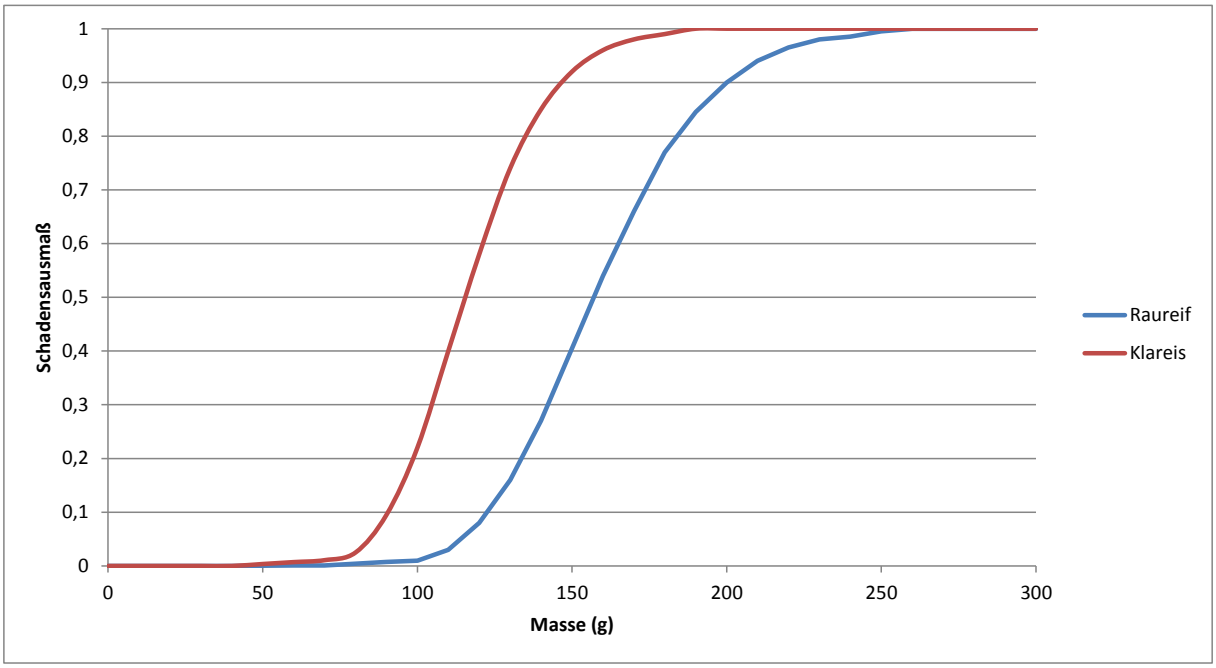



**Abbildung 3-2: Mortalität bei Projektilen aus Raureif bzw. Klareis in Abhängigkeit von der Masse für eine Nabenhöhe von 142.5 m und einem cw-Wert von 1.**

Um für die Berechnung ein mittleres Schadensausmaß C zu ermitteln, muss dieses noch mit der Wahrscheinlichkeit multipliziert werden, mit der diese Masse auftritt und über alle Massen aufsummiert werden:

Industrie Service

$$C = \int_0^{\infty} C(m) \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma \cdot m} \cdot e^{-\left(\frac{(\ln m - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)} dm .$$

Das Schadensausmaß wurde für die in Tabelle 4 dargestellten Fälle ermittelt und wird in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

| Nabenhöhe | Eistyp | Schadensausmaß C |
|---|---|---|
| 142.5 | Raureif | 0.48 |
| 142.5 | Klareis | 0.98 |

**Tabelle 4: Mittleres Schadensausmaß für eine Nabenhöhe von 142.5 m und einen cw-Wert von 1.**

Der Unterschied im Schadensausmaß für Raureif und Klareis ist durch die unterschiedlichen Massenverteilungen (siehe hierzu auch Abbildung 3-1) bedingt.

## 3.2 Eintrittshäufigkeit

Zur Ermittlung der Eintrittshäufigkeit wurden in der Eisfallanalyse [1] an den geplanten Anlagenstandorten relative Häufigkeiten ermittelt, mit denen ein Eisstück in der näheren Umgebung der sich im Stillstand befindlichen WEA auftrifft. Hierbei wurden folgende Eisstücke betrachtet:

- Szenario A: Eisstück aus Raureif mit 90 g Gewicht
- Szenario B: Eisstück aus Raureif mit 240 g Gewicht
- Szenario C: Eisstück aus Klareis mit 70 g Gewicht
- Szenario D: Eisstück aus Klareis mit 180 g Gewicht

Für die durchgeführten Risikoanalysen wurden grundsätzlich alle Massen aus Kapitel 3.1.2 berücksichtigt. Die in den Eisfallsimulationen betrachteten Eisstücke repräsentieren dabei die Massen, bei denen von möglichen leichten Verletzungen (leichtere Eisstücke der Szenarien A und C) bzw. von tödlichen Verletzungen (schwerere Eisstücke der Szenarien B und D) ausgegangen werden muss.

Auf Basis der übergebenen Rohdaten aus den Eisfallsimulationen wurde ein quadratisches Raster in 5 m Schritten erstellt, mit dessen Hilfe die Trefferhäufigkeit auf Fahrzeuge bzw. Fußgänger, die sich auf den vorbeiführenden Straßen und Wege befinden, ermittelt werden kann.

Industrie Service

### 3.2.1 Betrachtete Expositionsszenarien

Um die Risikobetrachtung weitestgehend zu standardisieren und vergleichbar zu machen, aber auch um ein realistisches und nicht zu konservatives Ergebnis zu erhalten, wurden die Wege in verschiedene Nutzungskategorien eingeteilt, aus denen sich dann Expositionsszenarien ergeben. Es werden folgende Unterscheidungen gemacht:

**Fußgänger**

| Kategorie | Bedeutung |
|---|---|
| Regelmäßig benutzter Weg | Es muss auf Grund der Ausbaustufe des Weges, seiner Erreichbarkeit und seiner Lage zu Ortschaften davon ausgegangen werden, dass dieser Weg regelmäßig, d. h. beinahe täglich von Spaziergängern oder Joggern genutzt wird. Dabei ist es ausreichend, wenn ein einziger Spaziergänger oder Jogger diesen Weg regelmäßig nutzt. |
| Häufig benutzter Weg | Für Wege dieser Art treffen nicht alle der o. g. Merkmale zu. So führen z. B. eine größere Entfernung zu Ortschaften und ein schlechter Zugang dazu, dass davon ausgegangen wird, dass dieser Weg nicht an allen Tagen aber doch häufig von Spaziergängern bzw. Joggern benutzt wird. |
| Gelegentlich benutzter Weg | In diese Kategorie fallen Wege, die noch eindeutig als solche, jedoch eindeutig nicht als Hauptwege erkennbar sind und deren Ausbaustufe und Erreichbarkeit auf eine gelegentliche Benutzung schließen lassen. |
| Selten benutzter Weg | In diese Kategorie fallen Wege, die noch als solche erkennbar sind und deren Zustand und Erreichbarkeit auf eine seltene Benutzung schließen lassen. |
| Normalerweise nicht benutzter Weg | Wege, die aus der Vogelperspektive kaum noch zu erkennen sind, die eindeutig lediglich als Zufahrtswege für die Forst- bzw. Landwirtschaft erkennbar sind oder die sehr weit von der nächsten Wohnbebauung entfernt sind, werden als normalerweise nicht benutzt betrachtet. Die Exposition ermittelt sich aus einer Person, die sich zufällig an diesem Ort aufhält. |

**Tabelle 5: Kategorien der betrachteten Wege.**

**Autofahrer**

Entsprechend den Angaben zur Risikoakzeptanz aus Kapitel 2.2.4 muss für Autofahrer das kollektive Risiko betrachtet werden, sofern von einer Verkehrsdichte von mehr als 100 Fzg. / Tag ausgegangen wird. Dies wird grundsätzlich für alle Straßen angenommen. Für Autofahrer wird das ermittelte individuelle Risiko eines Fahrers bei einfacher Fahrt ermittelt und mit der Anzahl der Fahrzeuge multipliziert.

Industrie Service

### 3.2.2 Ermittlung der Trefferwahrscheinlichkeit

In einer Untersuchung im Rahmen des WECO-Projektes (Wind Energy Production in Cold Climate) wurde der Eisfall einer WEA auf der Gütsch im Schweizer Hochgebirge beobachtet. Hierbei wurden die von der Anlage abgefallenen bzw. abgeworfenen Eisstücke protokolliert [13].

In dem Untersuchungszeitraum von ca. 3 Jahren wurden etwa 200 Eisstücke identifiziert [13]. Da jedoch davon ausgegangen wird, dass nicht alle von der Versuchsanlage herabgefallenen Eisstücke tatsächlich gefunden wurden, z. B. weil sie in der Luft oder beim Aufprall zerbrochen sind, wird davon ausgegangen, dass ca. 200 Eisfälle pro Jahr vorgekommen sind. Für die vorliegende Analyse wird diese Anzahl noch quadratisch mit dem Rotorradius in Verhältnis gesetzt.

Werden die mit [1] übermittelten relativen Eisfallhäufigkeiten auf diese Zahl normiert, so kann damit die absolute Trefferhäufigkeit $H_T$ in ein 5x5m² großes Rechteck pro Jahr ermittelt werden. Die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Fahrzeug bzw. ein Fußgänger getroffen wird, hängt von der relevanten Querschnittsfläche ab. Dafür werden folgende Werte angesetzt:

#### Autofahrer

Relevante Trefferfläche: 2 m² (als relevant wird hier die Windschutzscheibe angenommen, damit ergibt sich eine Trefferwahrscheinlichkeit $P_T$ von 0.08).

#### Fußgänger

Relevante Trefferfläche: 0.04 m² (als relevant wird hier ein Treffer am Kopf angenommen, damit ergibt sich eine Trefferwahrscheinlichkeit $P_T$ von 0.0016).

### 3.2.3 Ermittlung der Aufenthaltswahrscheinlichkeit

Unter der Expositionsdauer wird die Zeit verstanden, in der eine Person der Gefahr ausgesetzt ist. Diese wird im Folgenden für die einzelnen 5x5m²-Quadranten ermittelt.

Als Paramater muss der Aufenthalt im Gefährdungsbereich bestimmt werden. Dies ist die Zeit, die eine Person benötigt, um den durch Eisfall gefährdeten Bereich zu durchqueren. Dafür werden für die einzelnen 5x5m²-Quadranten folgende Zeiten angesetzt:

- 0.3 s (bei einer angenommenen Geschwindigkeit von 60 km/h für Autofahrer)
- 3.6 s (bei einer angenommenen Geschwindigkeit vom 5 km/h für Fußgänger)

In Anlehnung an [15] kann die Anzahl der Tage pro Jahr mit Eisfallpotenzial auf ca. 20 abgeschätzt werden. Unter der Voraussetzung, dass sowohl Autofahrer als auch Fußgänger dieser Gefährdung zweimal pro Tag ausgesetzt sind, ergeben sich folgende Expositionszeiten:

- 12 s/a und Quadrant für Autofahrer, bzw.
- 144 s/a und Quadrant für Fußgänger.

Damit gilt eine Aufenthaltswahrscheinlichkeit von

$P_A = 3.80 \cdot 10^{-07}$ für Autofahrer bzw.

$P_A = 4.57 \cdot 10^{-06}$ für Fußgänger

in den einzelnen Quadranten.

### 3.2.4 Berücksichtigung eines Reduktionsfaktors

Grundsätzlich gilt das in Kapitel 3.1 ermittelte Schadensausmaß für Personen, die am Kopf getroffen werden. Dies ist nicht ohne Weiteres auf eine durch ein Fahrzeug geschützte Person übertragbar. Dennoch kann dieser Wert für Autofahrer zunächst übernommen werden.

In der Regel sollte die Karosserie sowie die Windschutzscheibe Eisstücke, die einen Spaziergänger töten würden, ohne größeren Schaden überstehen. Ähnliches erlebt man tagtäglich im Winter auf den Autobahnen, wenn sich Eisplatten z. B. von den Dächern von LKWs lösen und auf der Windschutzscheibe zerbersten. Somit ist von einer direkten tödlichen Auswirkung des Eisfalls nicht auszugehen.

Ein durchschnittlicher Autofahrer kann mit diesen Bedingungen umgehen und wird keinen Schaden davontragen. Dennoch wird davon ausgegangen, dass in 10% aller Fälle eine Reaktion des Autofahrers erfolgt, die zu einem mit Kapitel 3.1 vergleichbarem Schadensausmaß führt.

### 3.2.5 Ermittlung der Gefährdungswahrscheinlichkeit

Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Person (ein Fahrzeug) von einem Eisstück getroffen wird und daraus eine Verletzung resultiert, kann somit zu

$$P = H_T \cdot P_T \cdot P_A \cdot K \quad \text{(Autofahrer) bzw.}$$

$$P = H_T \cdot P_T \cdot P_A \quad \text{(Fußgänger)}$$

ermittelt werden.

## 3.3 Ermittlung des Risikos für die einzelnen Szenarien und Gesamtrisiko

Für die einzelnen betrachteten Szenarien wird das Risiko durch eine Multiplikation von Schadensausmaß *C* und Gefährdungswahrscheinlichkeit *P* berechnet.

$$R_{Szenario\,i} = C_{Szenario\,i} \cdot P_{Szenario\,i}$$

Unter der Annahme, dass jedes Szenario etwa gleich wahrscheinlich ist, kann das Gesamtrisiko zu

$$R = 0.25 \cdot \sum_{i=1}^{4} C_{Szenario\,i} \cdot P_{Szenario\,i}$$

ermittelt werden.

## 3.4 Berücksichtigung von Sicherheitsmaßnahmen

Die Risikoreduktion durch geeignete Maßnahmen ist für Straßen/Wege erforderlich, die ein hohes / unakzeptabel hohes Risiko gemäß Tabelle 1 aufweisen.

Um die Risiken durch Eisfall zu reduzieren bieten sich zwei prinzipielle Möglichkeiten an. Zum einen kann der Abstand der Straße/des Weges zur Windenergieanlage vergrößert werden, so dass die Trefferwahrscheinlichkeit mit einem Eisstück auf das erforderliche Maß verringert wird. Zum anderen kann die Aufenthaltswahrscheinlichkeit eines Fahrzeuges auf der Straße / eines Fußgängers auf dem Weg reduziert werden.

Industrie Service

In folgender Tabelle werden beispielhaft mögliche Sicherheitsmaßnahmen dargestellt und deren risikoreduzierendes Potential bewertet.

| Kategorie | Sicherheitsmaßnahme | Wirksamkeit |
|---|---|---|
| Aufenthaltswahrscheinlichkeit reduzieren | Warnschilder über Eisfallbedingungen | Obligatorisch / geringer Effekt, maximal eine Größenordnung |
| | Regelmäßige (mindestens jährlich) Informationsveranstaltungen/ Flugblätter/ Durchsagen im Radio etc. | Reduktion des Risikos um maximal eine Größenordnung (z. B. vom hohen Risiko zum tolerablen Risiko) |
| | Sperrung der Straße/ des Weges in Wintermonaten/ zu Zeiten mit Eisfallbedingungen mittels Schranken/Warnlichtanlage mit dem Eiserkennungssystem gekoppelt | Reduktion des Risikos um zwei Größenordnungen (z. B. vom hohen Risiko zum akzeptablen Risiko) |
| Abstand vergrößern | Verlegung der Straße/ des Weges | Abhängig vom gewählten neuen Abstand; prinzipiell ist eine Reduktion des Risikos bis in den vernachlässigbaren Bereich möglich |
| | Spezielle Wegführung in den Wintermonaten | |
| | Verlegung der WEA | |

**Tabelle 6: Wirksamkeit bestimmter Sicherheitsmaßnahmen.**

Im folgenden Kapitel 4 werden das individuelle Risiko für Fußgänger auf den Wegen und das kollektive Risiko für Autofahrer auf den Straßen, die in der relevanten Nähe des Windparks verlaufen, ermittelt. Diese Fälle sind konservative Grenzfälle, die z.B. auch Fahrradfahrer, Forstverkehr und Jagdwirtschaft mit abdecken.

Industrie Service

# 4 Ermittlung des von den Anlagen ausgehenden Gesamtrisikos

## 4.1 Untersuchungsobjekte

Die geplanten Anlagenstandorte sind von einem Waldwegsystem umgeben, wobei die Abstände der einzelnen Wege (*B* bis *K*, *Q* bis *AQ, AS* bis *BE* sowie *BH* bis *BK*) zu den Anlagen zwischen < 10 m und 360 m betragen.

Seitens des Auftraggebers wurden Informationen zum Befestigungsgrad der Wege zur Verfügung gestellt [25]. Demnach handelt es sich bei den Wegen *B, C, R, T, V-X, Z, AA, AC, AF, AI, AN, AQ, AS, AT, BA* und *BB* um LKW-befahrbare befestigte Wirtschaftswege bzw. bei den Wegen *K* und *AV* um befestigte LKW-befahrbare Hauptwirtschaftswege. Diese Informationen werden in der nachfolgenden Tabelle 7 ebenfalls aufgeführt. Zudem wurden zur Festlegung der Expositionsszenarien einiger Wege Fotos einer durch einen TÜV SÜD-Mitarbeiter durchgeführten Standortbesichtigung [27] verwendet.

Nach den verfügbaren Informationen [25] stellt außerdem der Weg *AN* einen Abschnitt des ausgewiesenen Fernwanderweges *Westweg* dar. Dieser wurde in den Abbildungen mit gestrichelter orangefarbiger Linie gekennzeichnet. Dies wurde in der Bestimmung des Expositionsszenarios berücksichtigt.

Desweiteren verlaufen zwei Verkehrsstraßen in der näheren Umgebung des geplanten Windparks – die Kreisstraße K4551 (Straße *A*) und die Landesstraße L339 (Straße *AR*).

Die Kreisstraße K4551 (Straße *A*) durchquert den Windpark und teilt ihn in einen nördlichen bzw. südlichen Teilbereich. Der minimale Abstand zu den geplanten Anlagen liegt bei ca. 670 m (WEA 3). Damit ist eine Betrachtung auf der Grundlage des Windenergieerlasses Baden-Württemberg [23] sowie der die Richtlinie für Windenergieanlagen [22] nicht erforderlich, da der dort definierte Radius von *1.5 x (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe)* um die geplanten Windenergieanlagen (in diesem Falle: 383 m) nicht erreicht wird. Zudem ist es bei der Eisfallsimulation [1] zu keinen Treffern gekommen und das Risiko demgemäß als vernachlässigbar einzustufen. Der Vollständigkeit halber wird die Kreisstraße K4551 (Straße *A*) in Tabelle 19 mit aufgeführt.

Die Landesstraße L339 (Straße *AR*) verläuft südlich des geplanten Standortes, in einer Entfernung von ca. 170 m zur nächstgelegenen WEA 10. Durch das Landratsamt Enzkreis wurden Daten von Verkehrszählungen an diesen Straßen zur Verfügung gestellt [26] (siehe Angaben in der Tabelle 7), diese wurden in der Ermittlung des Risikos berücksichtigt.

Zusätzlich wurden südlich der WEA 10 zwei Gebäude als Untersuchungsobjekte betrachtet. Das Gebäude *BF* stellt nach den verfügbaren Informationen einen Hochbehälter des Zweckverbandes der Mannenbach Wasserversorgung dar [28]. Bei dem Gebäude *BG* handelt es sich nach Auskunft der Gemeinde Straubenhardt um eine Hütte, die hauptsächlich zur Lagerung für den Forstbetrieb genutzt wird [29].

Die oben beschriebenen Objekte in der Umgebung der geplanten Anlagenstandorte werden in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst. Hierbei werden die minimalen Abstände zu den nächstgelegenen geplanten WEA angegeben, wobei der Abstand auf 5 m gerundet wird. Desweiteren soll hierbei beachtet werden, dass die Genauigkeit dieser Angaben auf die Genauigkeit der Kartengrundlage [16] zurückzuführen ist. Weiterhin werden in der folgenden Tabelle die relevanten Expositionsszenarien (Wegkategorie) gemäß Kapitel 3.2.1 mit aufgeführt.

Industrie Service

| Bezeichnung | Objekt | Minimaler Abstand zur jeweiligen WEA | Expositionsszenario (Wegkategorie) |
|---|---|---|---|
| A | Kreisstraße K4551 | 670 m (WEA 3) | 1.000 KFZ / Tag<br>(Verkehrszählung 2008: ca. 700 KFZ/Tag) |
| B | Waldweg / Befestigter Wirtschaftsweg | 115 m (WEA 3)<br>355 m (WEA 6)<br>330 m (WEA 5) | regelmäßig |
| C | Waldweg / Befestigter Wirtschaftsweg | 10 m (WEA 3) | häufig |
| D | Waldweg | 175 m (WEA 3) | häufig |
| E | Waldweg | 225 m (WEA 3) | häufig |
| F | Waldweg | 15 m (WEA 3) | häufig |
| G | Waldweg | 80 m (WEA 3) | häufig |
| H | Waldweg | 125 m (WEA 3) | häufig |
| I | Waldweg | 145 m (WEA 3) | häufig |
| J | Waldweg | 240 m (WEA 3) | häufig |
| K | Waldweg / Befestigter Hauptwirtschaftsweg | 360 m (WEA 3) | regelmäßig |
| Q | Waldweg | 280 m (WEA 6) | gelegentlich |
| R | Waldweg / Befestigter Wirtschaftsweg | 180 m (WEA 6)<br>255 m (WEA 5) | regelmäßig |
| S | Waldweg | 30 m (WEA 6) | häufig |
| T | Waldweg / Befestigter Wirtschaftsweg | 15 m (WEA 6) | häufig |

Industrie Service

| Bezeichnung | Objekt | Minimaler Abstand zur jeweiligen WEA | Expositionsszenario (Wegkategorie) |
|---|---|---|---|
| U | Waldweg | 110 m (WEA 6)<br>180 m (WEA 5) | gelegentlich |
| V | Waldweg / Befestigter Wirtschaftsweg | 175 m (WEA 6)<br>185 m (WEA 5) | häufig |
| W | Waldweg / Befestigter Wirtschaftsweg | 20 m (WEA 5) | regelmäßig |
| X | Waldweg / Befestigter Wirtschaftsweg | 140 m (WEA 3)<br>295 m (WEA 5) | häufig |
| Y | Waldweg | 90 m (WEA 2)<br>300 m (WEA 1) | häufig |
| Z | Waldweg / Befestigter Wirtschaftsweg | 160 m (WEA 2) | häufig |
| AA | Waldweg / Befestigter Wirtschaftsweg | 25 m (WEA 2)<br>< 10 m (WEA 1) | häufig |
| AB | Waldweg | 210 m (WEA 2) | häufig |
| AC | Waldweg / Befestigter Wirtschaftsweg | 110 m (WEA 2) | häufig |
| AD | Waldweg | 295 m (WEA 2) | häufig |
| AE | Waldweg | 185 m (WEA 2)<br>15m (WEA 1) | häufig |
| AF | Waldweg / Befestigter Wirtschaftsweg | 85 m (WEA 1)<br>195 m (WEA 11) | gelegentlich |
| AG | Waldweg | 85 m (WEA 1) | gelegentlich |
| AH | Waldweg | 270 m (WEA 1) | gelegentlich |
| AI | Waldweg / Befestigter Wirtschaftsweg | 145 m (WEA 1)<br>205 m (WEA 15) | regelmäßig |
| AJ | Waldweg | 200 m (WEA 1)<br>305 m (WEA 15) | gelegentlich |
| AK | Waldweg | 185 m (WEA 1)<br>100 m (WEA 11)<br>175 m (WEA 12)<br>180 m (WEA 15) | gelegentlich |
| AL | Waldweg | 180 m (WEA 10) | häufig |
| AM | Waldweg | 265 m (WEA10) | gelegentlich |

Industrie Service

| Bezeichnung | Objekt | Minimaler Abstand zur jeweiligen WEA | Expositionsszenario (Wegkategorie) |
|---|---|---|---|
| AN | Waldweg / Befestigter Wirtschaftsweg Abschnitt des Westweges (Fernwanderweg) | 175 m (WEA 10)<br>45 m (WEA 11)<br>215 m (WEA 12) | regelmäßig |
| AO | Waldweg | 195 m (WEA 10)<br>155 m (WEA 11)<br>230 m (WEA 12)<br>< 10 m (WEA 15) | gelegentlich |
| AP | Waldweg | 55 m (WEA 10) | häufig |
| AQ | Waldweg / Befestigter Wirtschaftsweg | 15 m (WEA 10)<br>100 m (WEA 11) | häufig |
| AR | Landesstraße L339 | 170 m (WEA 10) | 7.000 KFZ / Tag<br>(Verkehrszählung 2013: 6168 KFZ/Tag) |
| AS | Waldweg / Befestigter Wirtschaftsweg | 95 m (WEA 10) | häufig |
| AT | Waldweg / Befestigter Wirtschaftsweg | 165 m (WEA 12)<br>95 m (WEA 15) | häufig |
| AU | Waldweg | 75 m (WEA 12) | gelegentlich |
| AV | Waldweg / Befestigter Hauptwirtschaftsweg | 20 m (WEA 12)<br>200 m (WEA 15)<br>250 m (WEA 13) | regelmäßig |
| AW | Waldweg | 120 m (WEA 12)<br>190 m (WEA 15)<br>370 m (WEA 13) | gelegentlich |
| AX | Waldweg | 220 m (WEA 15) | regelmäßig |
| AY | Waldweg | 215 m (WEA 15) | häufig |
| AZ | Waldweg | 250 m (WEA 13)<br>130 m (WEA 14) | gelegentlich |
| BA | Waldweg / Befestigter Wirtschaftsweg | 230 m (WEA12)<br>170 m (WEA 13)<br>15 m (WEA 14) | häufig |
| BB | Waldweg / Befestigter Wirtschaftsweg | 70 m (WEA 13) | regelmäßig |
| BC | Waldweg | 70 m (WEA 13) | gelegentlich |
| BD | Waldweg | 120 m (WEA 13) | gelegentlich |
| BE | Waldweg | 70 m (WEA 13) | gelegentlich |

Industrie Service

| Bezeichnung | Objekt | Minimaler Abstand zur jeweiligen WEA | Expositionsszenario (Wegkategorie) |
|---|---|---|---|
| BF | Hochbehälter Wasserversorgung | 140 m (WEA 10) | ein 5-minütiger Aufenthalt pro Monat im Bereich vor dem Gebäude |
| BG | Hütte zur forstbetrieblichen Lagerung | 130 m (WEA 10) | ein 10-minütiger Aufenthalt pro Woche im Bereich vor dem Gebäude |
| BH | Waldweg | 150 m (WEA 14) | gelegentlich |
| BI | Waldweg | 60 m (WEA 14) | gelegentlich |
| BJ | Waldweg | 20 m (WEA 14) | gelegentlich |
| BK | Waldweg / Befestigter Wirtschaftsweg | 95 m (WEA 14) | regelmäßig |

**Tabelle 7: Objekte in der Umgebung der geplanten Anlagenstandorte.**

Die in der vorangegangenen Tabelle aufgeführten Wege und Straßen werden zusammen mit den geplanten, zu betrachtenden Anlagen nachfolgend in einer topographischen Karte dargestellt. Aufgrund der räumlichen Ausdehnung des Windparks werden die Untersuchungsobjekte für den nördlichen bzw. südlichen Windparkteil und die Gebäude südlich der WEA 10 getrennt dargestellt.

Industrie Service

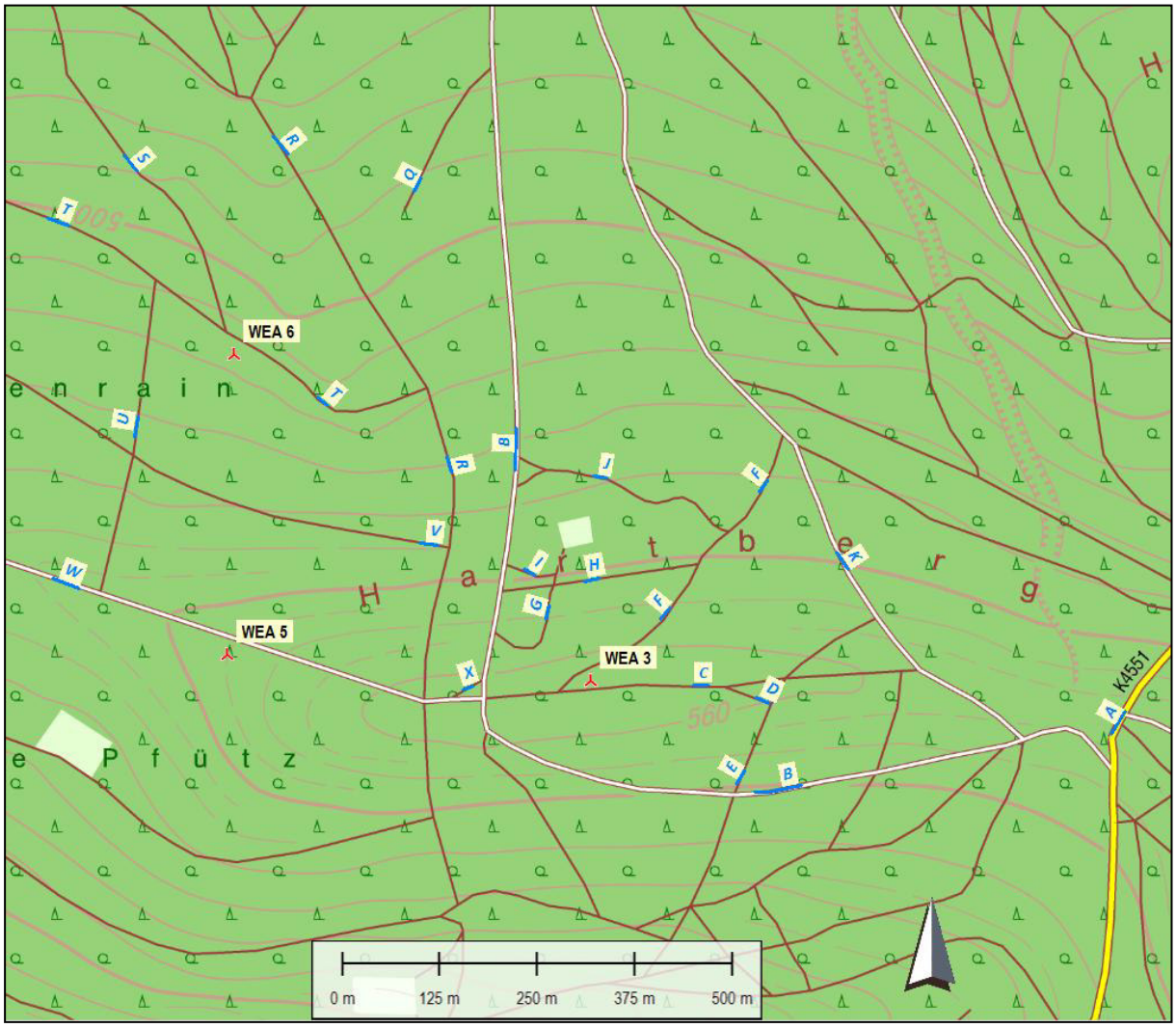



**Abbildung 4-1: Topographische Karte [16] mit den untersuchten Objekten am geplanten Standort Straubenhardt (nördlicher Windparkteil, Objekte mit dem Buchstaben *A* bis *X* gekennzeichnet) sowie Standorte der geplanten WEA ( 人 ).**

Industrie Service

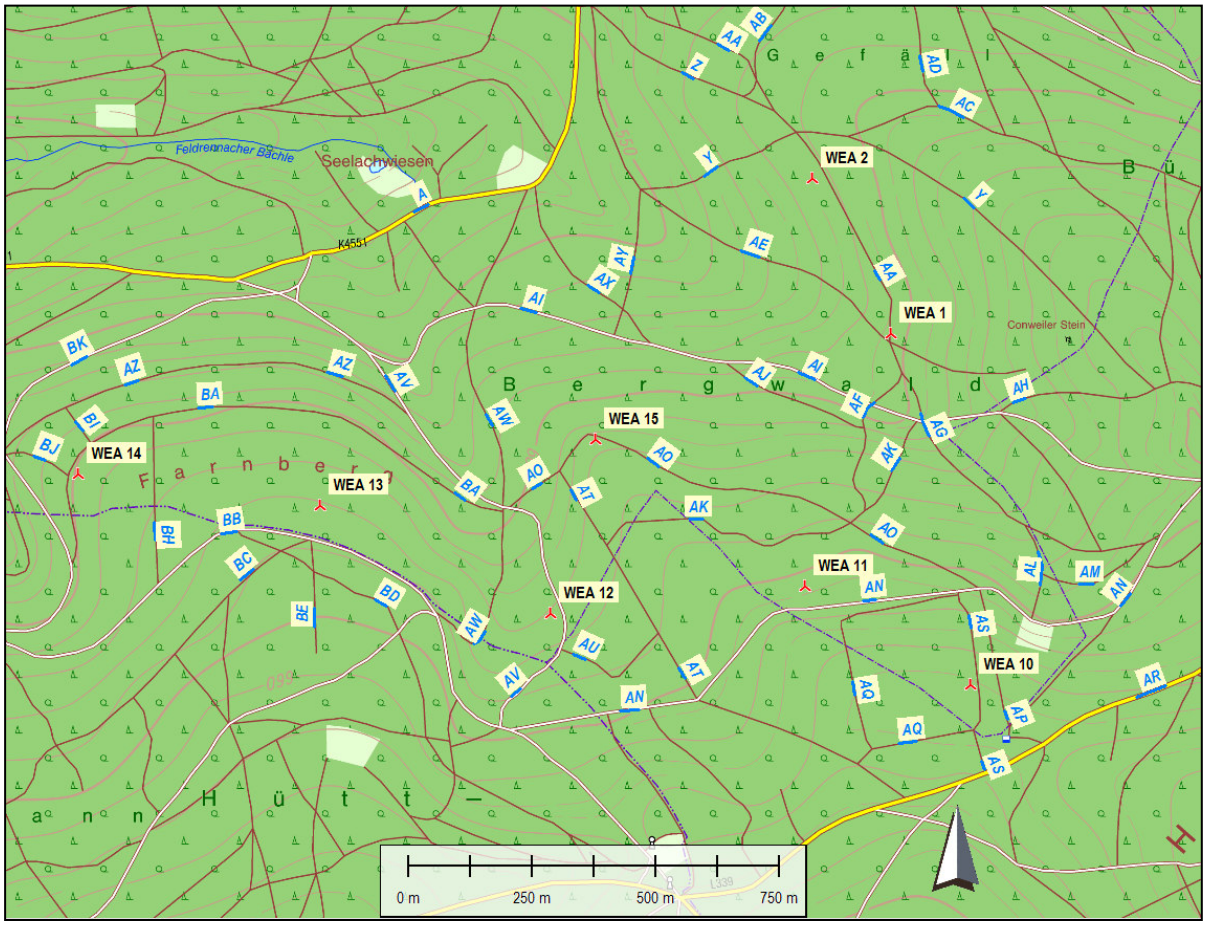



**Abbildung 4-2: Topographische Karte [16] mit den untersuchten Objekten am geplanten Standort Straubenhardt (südlicher Windparkteil, Objekte mit dem Buchstaben *Z* bis *BE* gekennzeichnet) sowie Standorte der geplanten WEA ( ⅄ ). Der für den Windpark relevante Verlauf des Fernwanderweges „Westweg“ [25] ist orange gestrichelt eingetragen.**

Industrie Service

In der folgenden Abbildung 4-3 wird die Lage des Hochbehälters der Wasserversorgung (*BF*) sowie der Forsthütte (*BG*) dargestellt.

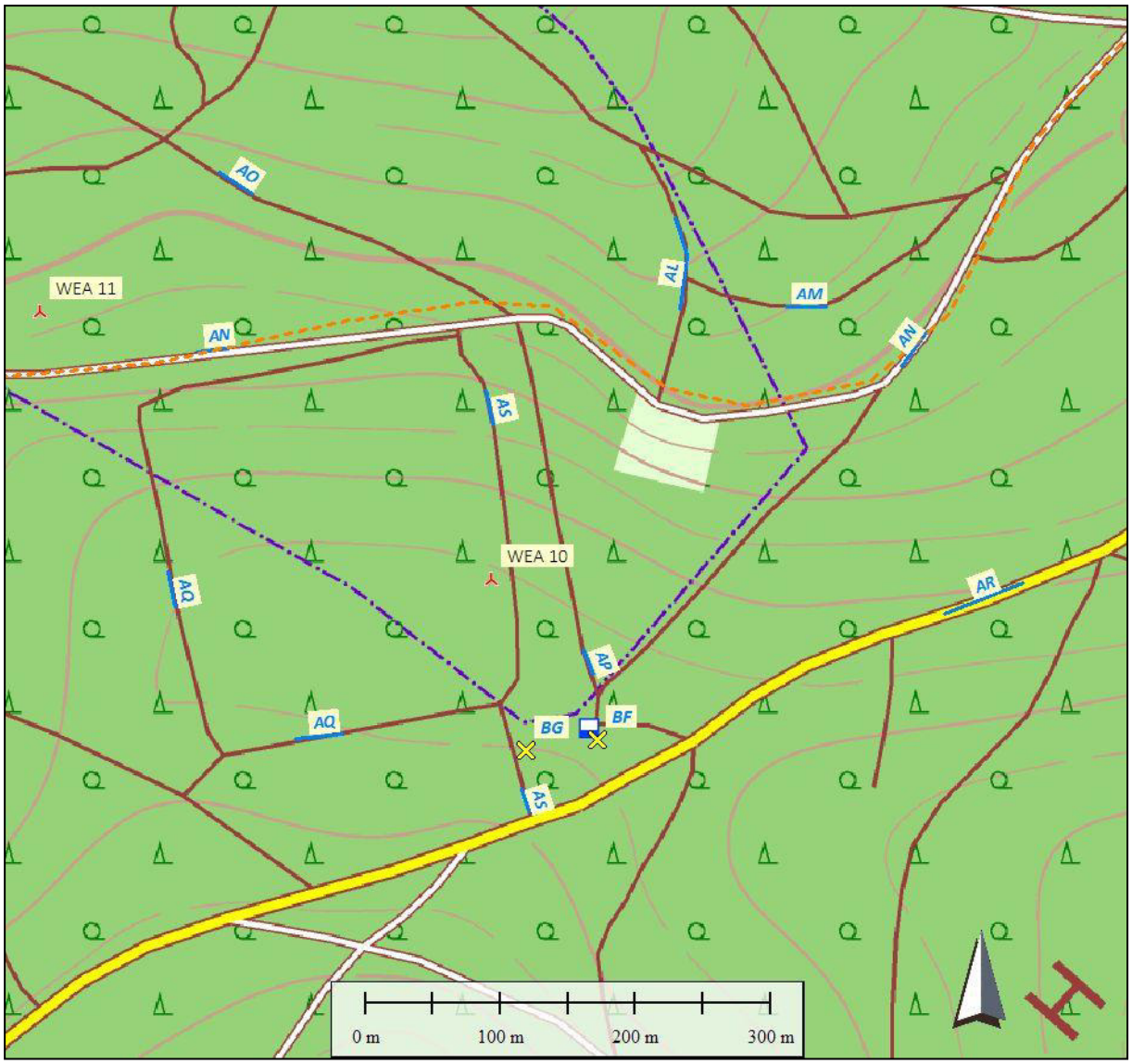



**Abbildung 4-3: Topographische Karte [16] mit den untersuchten Objekten BF und BG am geplanten Standort Straubenhardt (mit gelber Kreuzsignatur eingetragen).**

Industrie Service

## 4.2 Risiken ausgehend von der WEA 1

Aus den folgenden Abbildungen 4-4 und 4-5 ist die Lage der Untersuchungsobjekte zur WEA 1 dargestellt. Darüber hinaus ist ein Umkreis von 383 m um diese WEA dargestellt, dies entspricht einem Abstand von 1.5 x (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe) gemäß [22] und zeigt, dass eine Risikobeurteilung für die in diesem Umkreis liegenden Wege notwendig ist. Außerdem wird dargestellt, ob in [1] für einen Quadranten überhaupt ein Treffer mit einem Eisstück simuliert wurde und wie groß das sich ergebene Risiko im Falle von Treffern mit Eisstücken gemäß der beschriebenen Methodik in Kapitel 3 ist. Hierbei wird ergänzend zwischen den relevanten Expositionsszenarien unterschieden.

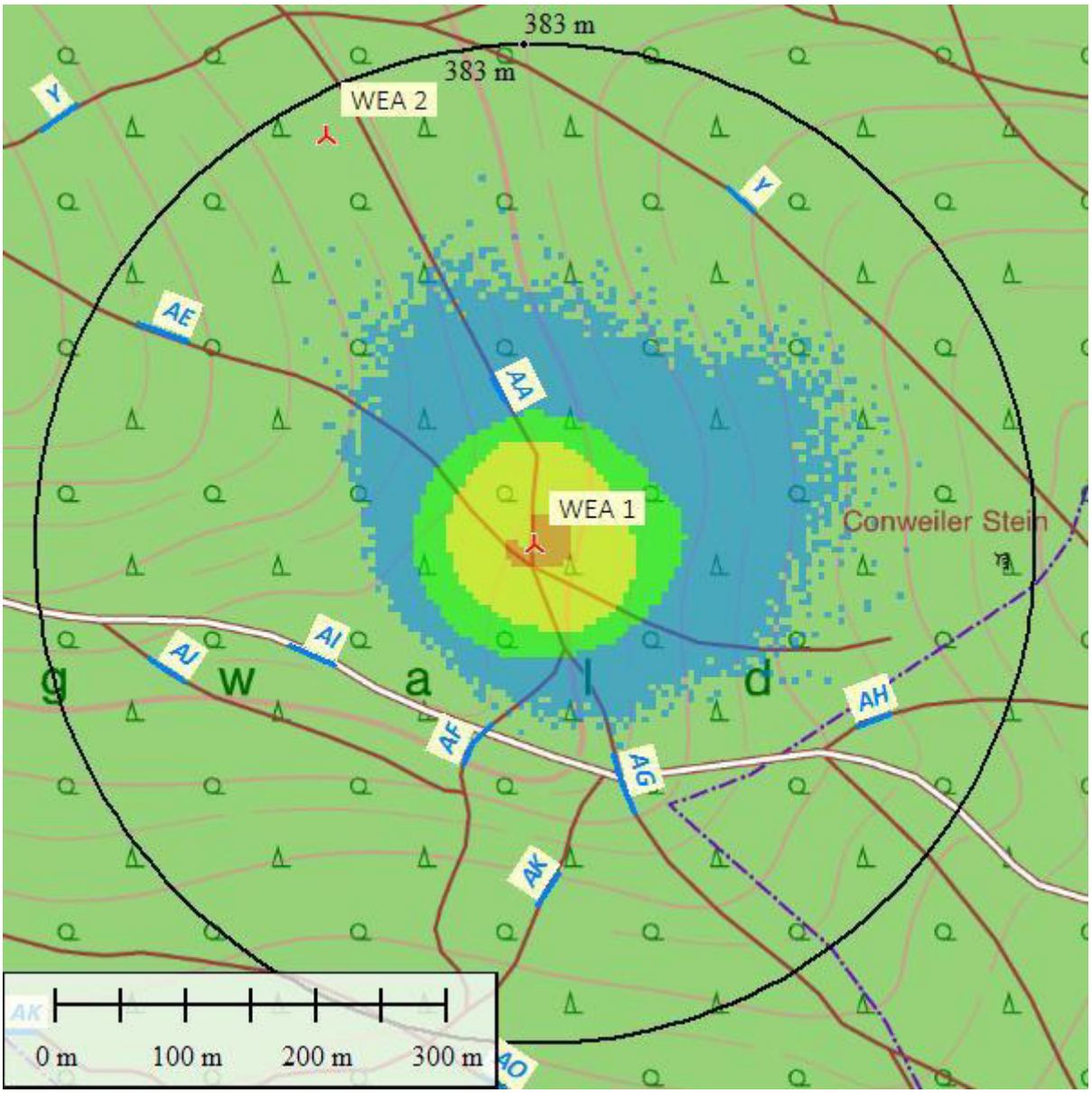
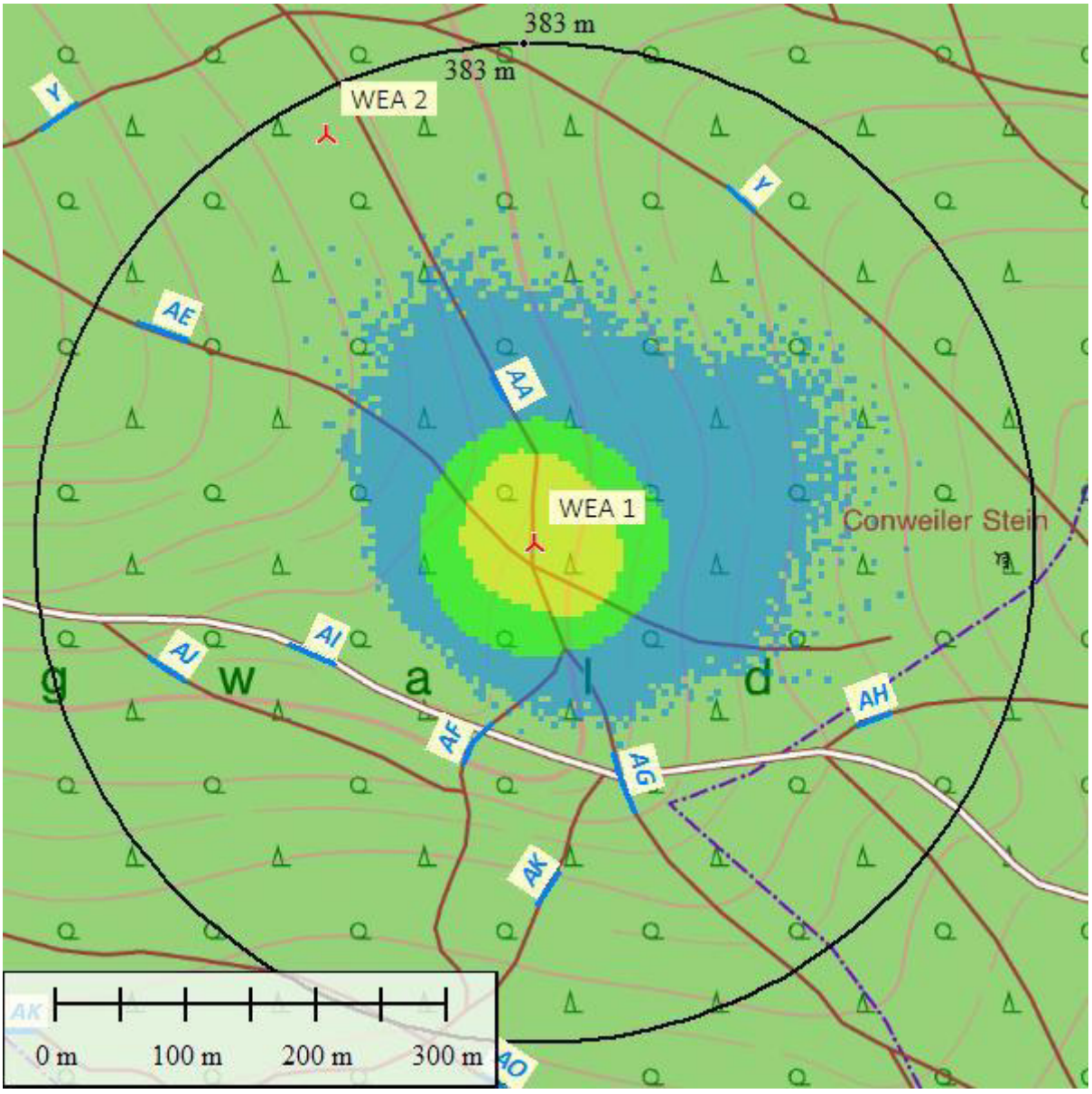



**Abbildung 4-4: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 1 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko im Falle von häufig benutzten Wegen.**

Industrie Service



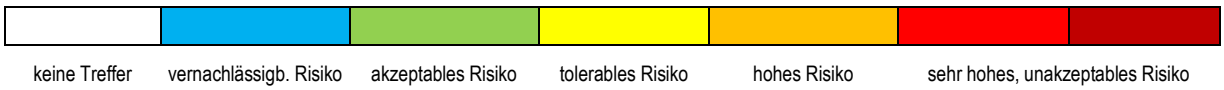




**Abbildung 4-5: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 1 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko im Falle von gelegentlich benutzten Wegen.**

Für die Untersuchungsobjekte (*AH*, *AI*, *AJ* und *Y*), bei denen sich kein Treffer bzw. lediglich Einzeltreffer im Rahmen der Eisfallsimulation ergeben haben, kann von einem vernachlässigbaren Risiko ausgegangen werden. Hier wird dementsprechend kein numerischer Risikowert ausgewiesen.

Industrie Service

In der folgenden Tabelle 8 sind die Ergebnisse der Risikoanalyse für die WEA 1 zusammengefasst.

| Objekt | Risiko (1/a) ohne weitere Maßnahmen | Empfohlene Maßnahme | Risikoeinschätzung (1/a) nach Umsetzung der Maßnahmen |
|---|---|---|---|
| AA | 1.40E-06 (hoch) | Warnschilder bzgl. der spezifischen Gefährdung durch Eisfall | tolerabel |
| AE | 1.36E-06 (hoch) | Warnschilder bzgl. der spezifischen Gefährdung durch Eisfall | tolerabel |
| AF | 1.99E-08 (akzeptabel) | keine | akzeptabel |
| AG | 2.28E-08 (akzeptabel) | keine | akzeptabel |
| AH | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| AI | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| AJ | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| AK | 3.64E-12 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| Y | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |

**Tabelle 8: Risiken ausgehend von der WEA 1.**

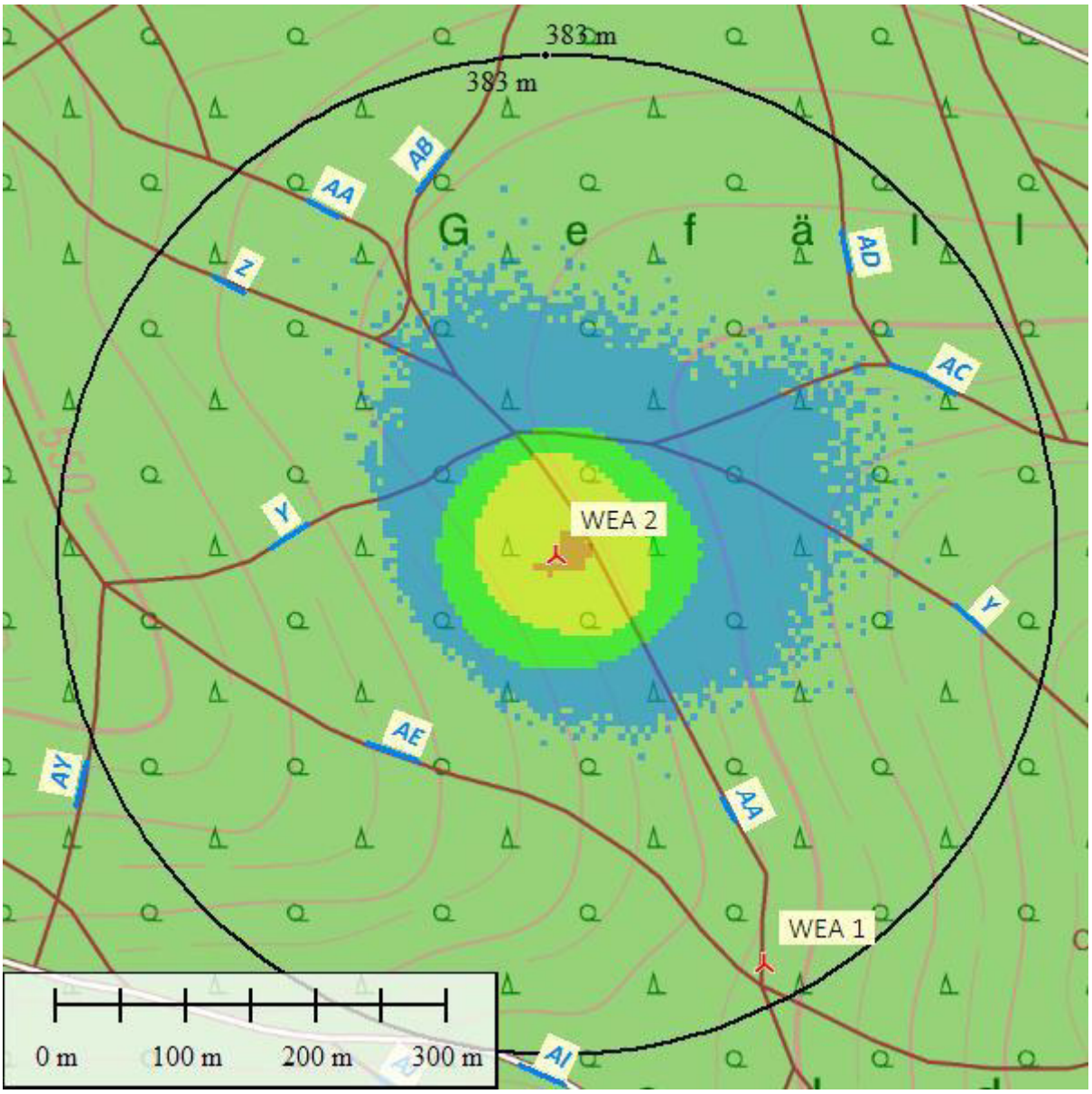
Für die Wege *AF* bis *Y* liegen die Risiken im akzeptablen oder vernachlässigbaren Bereich. Weitere Maßnahmen zur Risikoreduzierung sind hier nicht notwendig.

Für die Wege *AA* und *AE* liegen die Risiken im hohen Bereich. Maßnahmen zur Risikoreduzierung sind hier zu ergreifen. Durch das Aufstellen von eindeutigen Warnschildern am Wegesrand, die spezifisch vor der Gefährdung durch Eisfall warnen, kann das Risiko in den tolerablen Bereich reduziert werden.

Industrie Service

## 4.3 Risiken ausgehend von der WEA 2

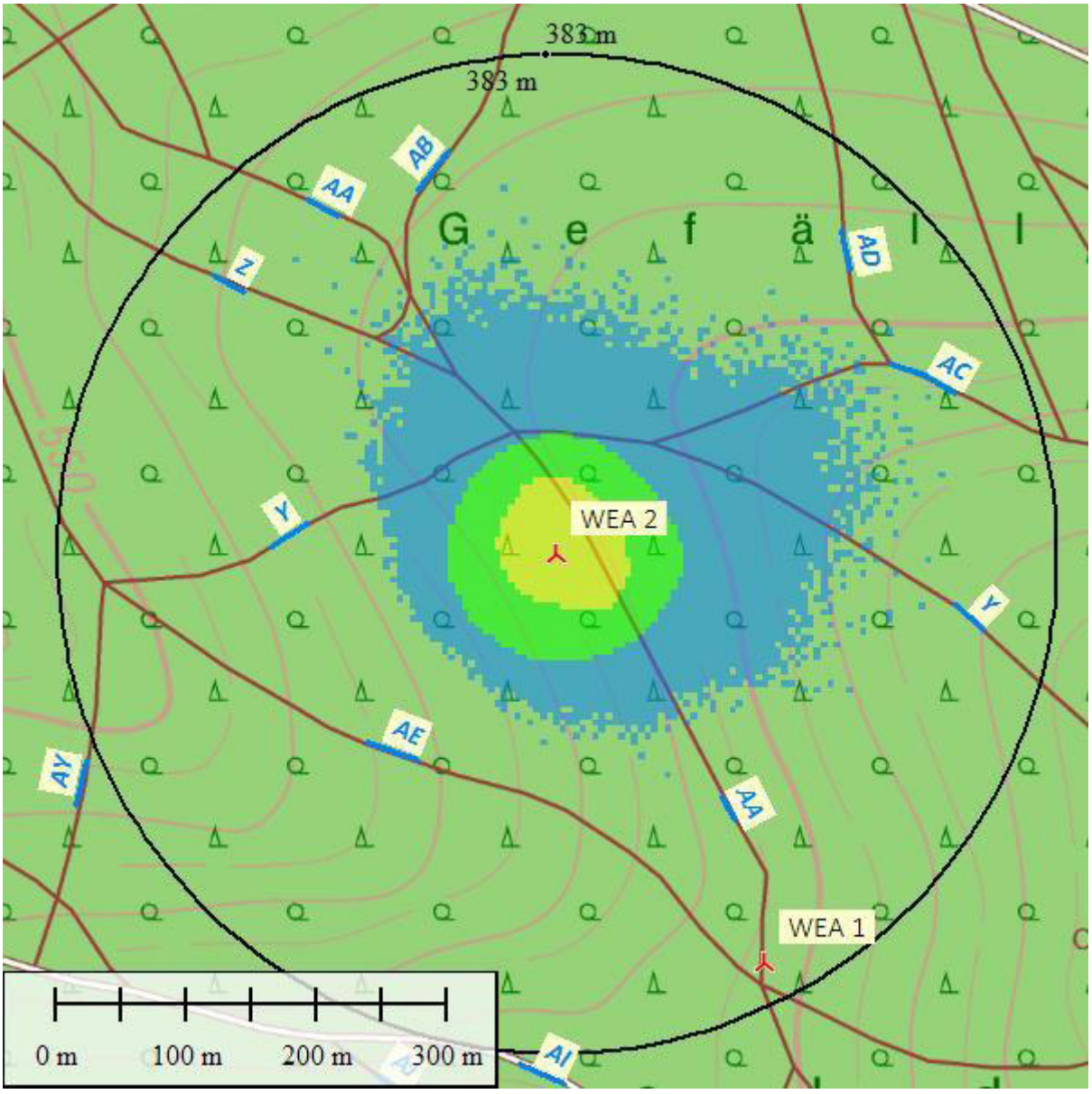
Aus den folgenden Abbildungen 4-6 und 4-7 ist die Lage der Untersuchungsobjekte zur WEA 2 dargestellt. Darüber hinaus ist ein Umkreis von 383 m um diese WEA dargestellt, dies entspricht einem Abstand von 1.5 x (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe) gemäß [22] und zeigt, dass eine Risikobeurteilung für die in diesem Umkreis liegenden Wege notwendig ist. Außerdem wird dargestellt, ob in [1] für einen Quadranten überhaupt ein Treffer mit einem Eisstück simuliert wurde und wie groß das sich ergebene Risiko im Falle von Treffern mit Eisstücken gemäß der beschriebenen Methodik in Kapitel 3 ist. Hierbei wird ergänzend zwischen den relevanten Expositionsszenarien unterschieden.



keine Treffer | vernachlässigb. Risiko | akzeptables Risiko | tolerables Risiko | hohes Risiko | sehr hohes, unakzeptables Risiko

**Abbildung 4-6: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 2 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für häufig benutzte Wege.**

Industrie Service



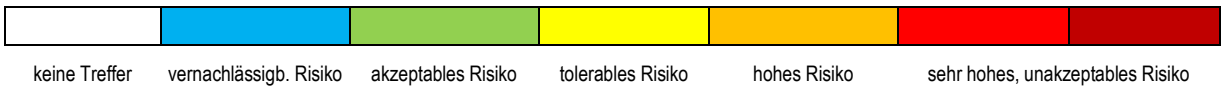




**Abbildung 4-7: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 2 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für gelegentlich benutzte Wege.**

Für die Untersuchungsobjekte (*AD* und *AE*), bei denen sich kein Treffer bzw. lediglich Einzeltreffer im Rahmen der Eisfallsimulation ergeben haben, kann von einem vernachlässigbaren Risiko ausgegangen werden. Hier wird dementsprechend kein numerischer Risikowert ausgewiesen.

Industrie Service

In der folgenden Tabelle 9 sind die Ergebnisse der Risikoanalyse für die WEA 2 zusammengefasst.

| Objekt | Risiko (1/a) ohne weitere Maßnahmen | Empfohlene Maßnahme | Risikoeinschätzung (1/a) nach Umsetzung der Maßnahmen |
|---|---|---|---|
| AA | 1.51E-06 (hoch) | Warnschilder bzgl. der spezifischen Gefährdung durch Eisfall | tolerabel |
| AB | 5.70E-12 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AC | 6.53E-09 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AD | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| AE | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| Y | 2.49E-08 (akzeptabel) | keine | akzeptabel |
| Z | 6.27E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |

**Tabelle 9: Risiken ausgehend von der WEA 2.**

Für die Wege *AB* bis *Z* liegen die Risiken im akzeptablen oder vernachlässigbaren Bereich. Weitere Maßnahmen zur Risikoreduzierung sind hier nicht notwendig.

Für den Weg *AA* liegen die Risiken im hohen Bereich. Maßnahmen zur Risikoreduzierung sind hier zu ergreifen. Durch das Aufstellen von eindeutigen Warnschildern am Wegesrand, die spezifisch vor der Gefährdung durch Eisfall warnen, kann das Risiko in den tolerablen Bereich reduziert werden.

Industrie Service

## 4.4 Risiken ausgehend von der WEA 3

Aus den folgenden Abbildungen 4-8 und 4-9 ist die Lage der Untersuchungsobjekte zur WEA 3 dargestellt. Darüber hinaus ist ein Umkreis von 383 m um diese WEA dargestellt, dies entspricht einem Abstand von 1.5 x (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe) gemäß [22] und zeigt, dass eine Risikobeurteilung für die in diesem Umkreis liegenden Wege notwendig ist. Außerdem wird dargestellt, ob in [1] für einen Quadranten überhaupt ein Treffer mit einem Eisstück simuliert wurde und wie groß das sich ergebene Risiko im Falle von Treffern mit Eisstücken gemäß der beschriebenen Methodik in Kapitel 3 ist. Hierbei wird ergänzend zwischen den relevanten Expositionsszenarien unterschieden.

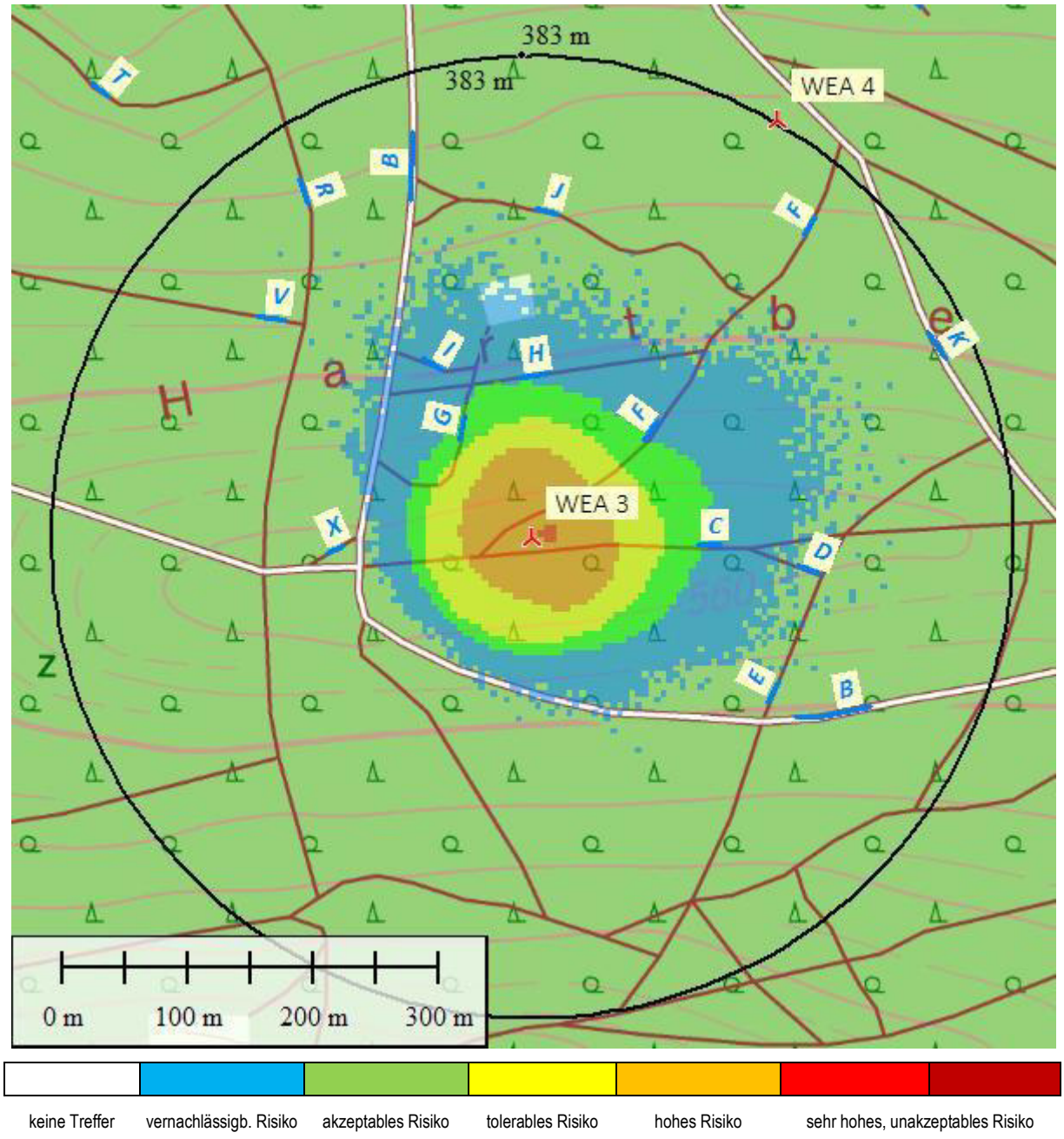



**Abbildung 4-8: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 3 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für regelmäßig benutzte Wege.**

Industrie Service

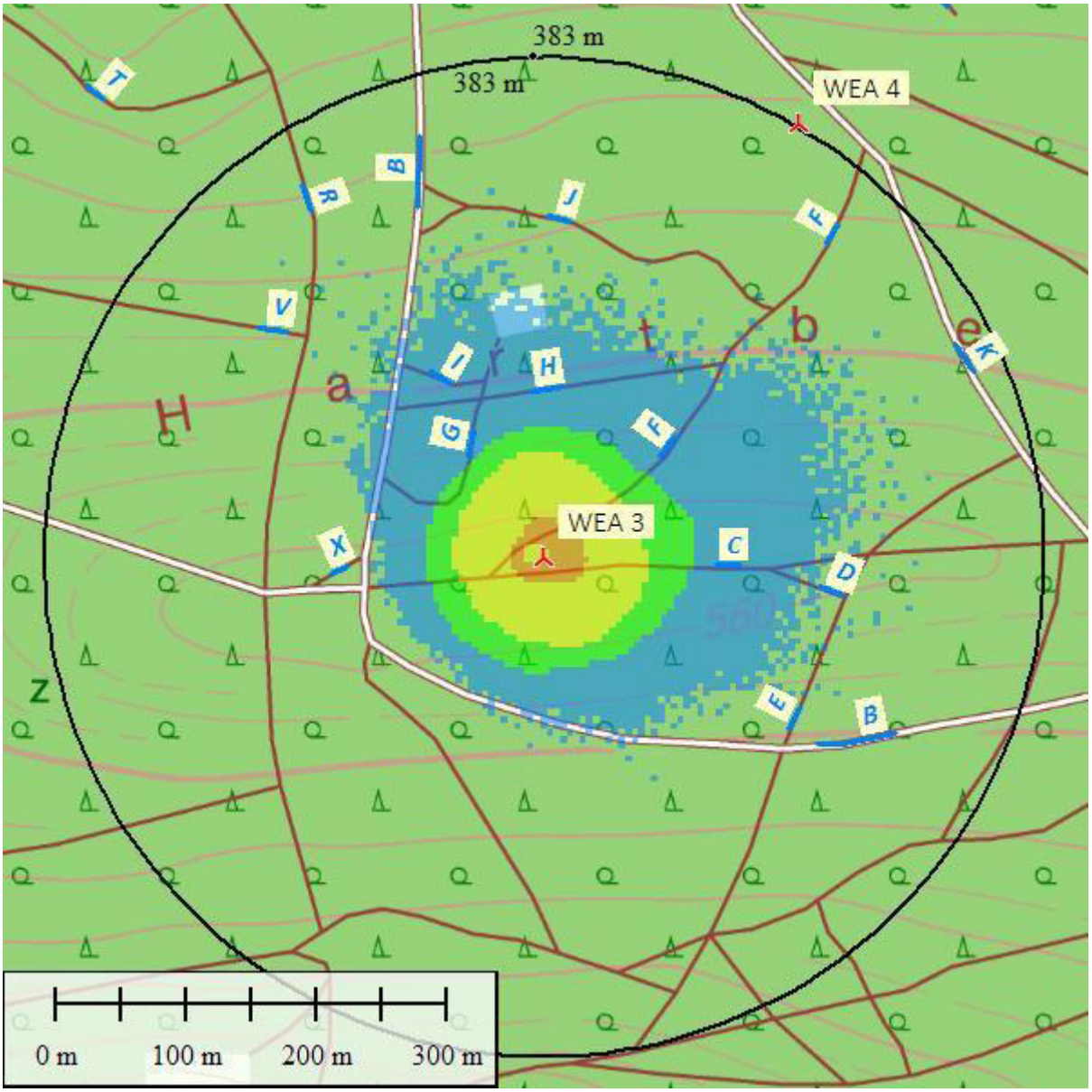



**Abbildung 4-9: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 3 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für häufig benutzte Wege.**

Für die Untersuchungsobjekte (*E*, *J* und *K*), bei denen sich kein Treffer bzw. lediglich Einzeltreffer im Rahmen der Eisfallsimulation ergeben haben, kann von einem vernachlässigbaren Risiko ausgegangen werden. Hier wird dementsprechend kein numerischer Risikowert ausgewiesen.

Industrie Service

In der folgenden Tabelle 10 sind die Ergebnisse der Risikoanalyse für die WEA 3 zusammengefasst.

| Objekt | Risiko (1/a) ohne weitere Maßnahmen | Empfohlene Maßnahme | Risikoeinschätzung (1/a) nach Umsetzung der Maßnahmen |
|---|---|---|---|
| B | 3.55E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| C | 1.63E-06 (hoch) | Warnschilder bzgl. der spezifischen Gefährdung durch Eisfall | tolerabel |
| D | 2.74E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| E | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| F | 1.30E-06 (hoch) | Warnschilder bzgl. der spezifischen Gefährdung durch Eisfall | tolerabel |
| G | 8.71E-08 (akzeptabel) | keine | akzeptabel |
| H | 2.41E-09 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| I | 6.53E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| J | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| K | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| X | 1.21E-11 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |

**Tabelle 10: Risiken ausgehend von der WEA 3.**

Für die Wege *B*, *D*, *E sowie G bis X* liegen die Risiken im akzeptablen oder vernachlässigbaren Bereich. Weitere Maßnahmen zur Risikoreduzierung sind hier nicht notwendig.

Für die Wege *C* und *F* liegen die Risiken im hohen Bereich. Maßnahmen zur Risikoreduzierung sind hier zu ergreifen. Durch das Aufstellen von eindeutigen Warnschildern am Wegesrand, die spezifisch vor der Gefährdung durch Eisfall warnen, kann das Risiko in den tolerablen Bereich reduziert werden.

Industrie Service

## 4.5 Risiken ausgehend von der WEA 5

Aus den folgenden Abbildungen 4-10 und 4-11 ist die Lage der Untersuchungsobjekte zur WEA 5 dargestellt. Darüber hinaus ist ein Umkreis von 383 m um diese WEA dargestellt, dies entspricht einem Abstand von 1.5 x (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe) gemäß [22] und zeigt, dass eine Risikobeurteilung für die in diesem Umkreis liegenden Wege notwendig ist. Außerdem wird dargestellt, ob in [1] für einen Quadranten überhaupt ein Treffer mit einem Eisstück simuliert wurde und wie groß das sich ergebene Risiko im Falle von Treffern mit Eisstücken gemäß der beschriebenen Methodik in Kapitel 3 ist. Hierbei wird ergänzend zwischen den relevanten Expositionsszenarien unterschieden.

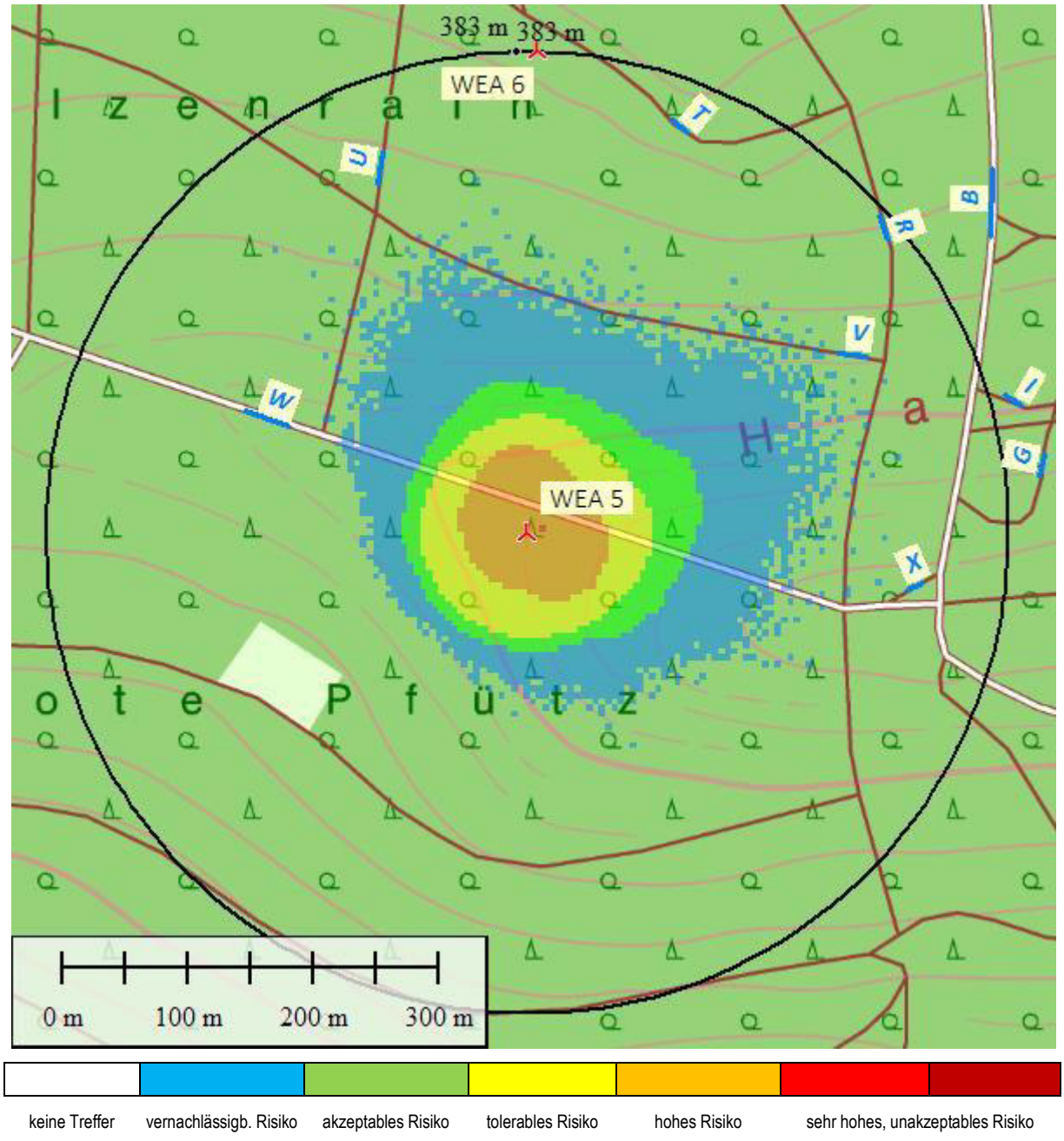



**Abbildung 4-10: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 5 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für regelmäßig benutzte Wege.**

Industrie Service

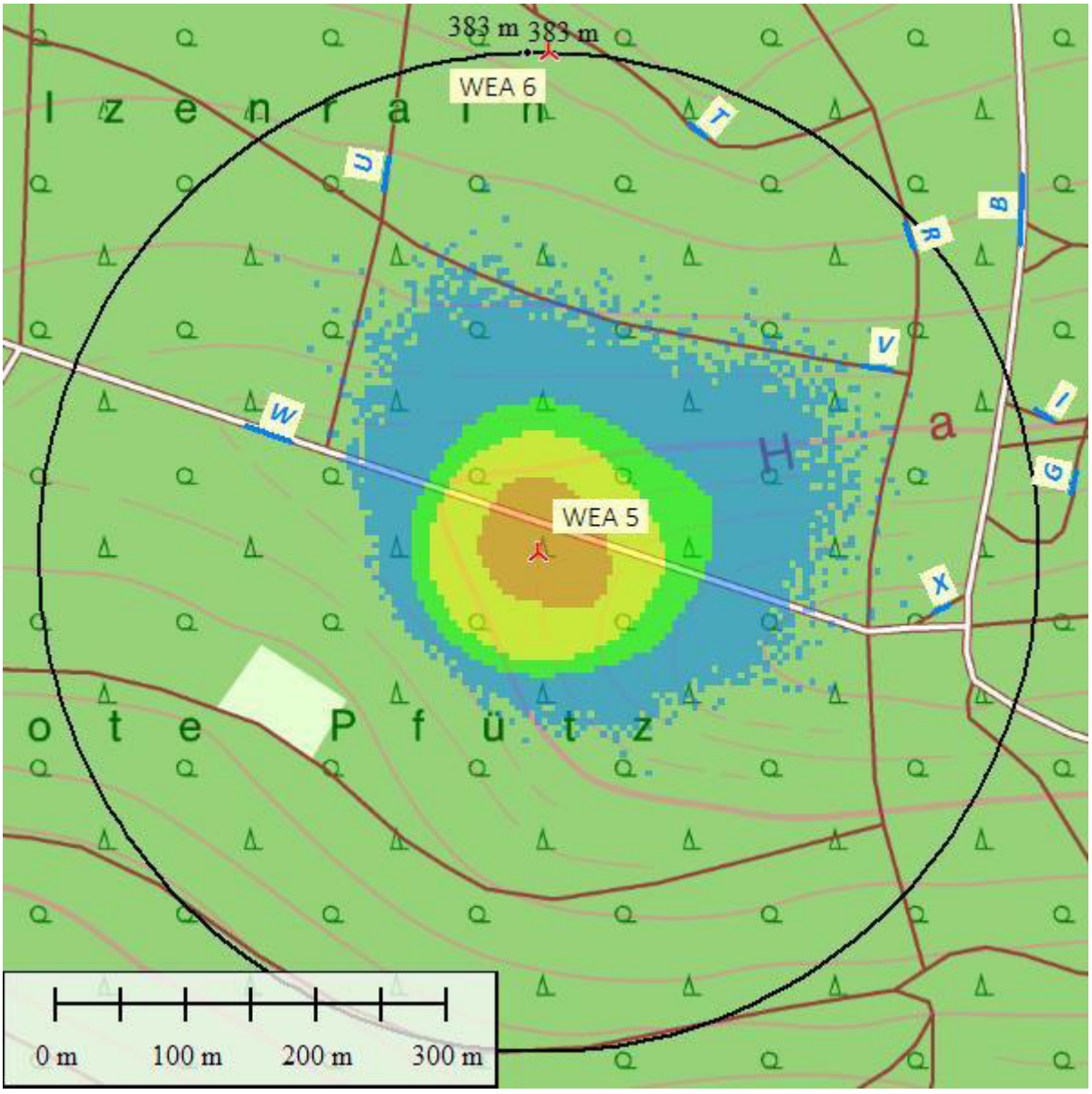



**Abbildung 4-11: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 5 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für häufig benutzte Wege.**

Für die Untersuchungsobjekte (*B* und *U*), bei denen sich kein Treffer bzw. lediglich Einzeltreffer im Rahmen der Eisfallsimulation ergeben haben, kann von einem vernachlässigbaren Risiko ausgegangen werden. Hier wird dementsprechend kein numerischer Risikowert ausgewiesen.

Industrie Service

In der folgenden Tabelle 11 sind die Ergebnisse der Risikoanalyse für die WEA 5 zusammengefasst.

| Objekt | Risiko (1/a) ohne weitere Maßnahmen | Empfohlene Maßnahme | Risikoeinschätzung (1/a) nach Umsetzung der Maßnahmen |
|---|---|---|---|
| B | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| R | 1.52E-11 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| U | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| V | 5.91E-11 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| W | 5.34E-06 (hoch) | Warnschilder bzgl. der spezifischen Gefährdung durch Eisfall | tolerabel |
| X | 8.06E-13 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |

**Tabelle 11: Risiken ausgehend von der WEA 5.**

Für die Wege *B* bis V sowie *X* liegen die Risiken im vernachlässigbaren Bereich. Weitere Maßnahmen zur Risikoreduzierung sind hier nicht notwendig.

Für den Weg *W* liegen die Risiken im hohen Bereich. Maßnahmen zur Risikoreduzierung sind hier zu ergreifen. Durch das Aufstellen von eindeutigen Warnschildern am Wegesrand, die spezifisch vor der Gefährdung durch Eisfall warnen, kann das Risiko in den tolerablen Bereich reduziert werden.

Industrie Service

## 4.6 Risiken ausgehend von der WEA 6

Aus den folgenden Abbildungen 4-12 bis 4-14 ist die Lage der Untersuchungsobjekte zur WEA 6 dargestellt. Darüber hinaus ist ein Umkreis von 383 m um diese WEA dargestellt, dies entspricht einem Abstand von 1.5 x (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe) gemäß [22] und zeigt, dass eine Risikobeurteilung für die in diesem Umkreis liegenden Wege notwendig ist. Außerdem wird dargestellt, ob in [1] für einen Quadranten überhaupt ein Treffer mit einem Eisstück simuliert wurde und wie groß das sich ergebene Risiko im Falle von Treffern mit Eisstücken gemäß der beschriebenen Methodik in Kapitel 3 ist. Hierbei wird ergänzend zwischen den relevanten Expositionsszenarien unterschieden.

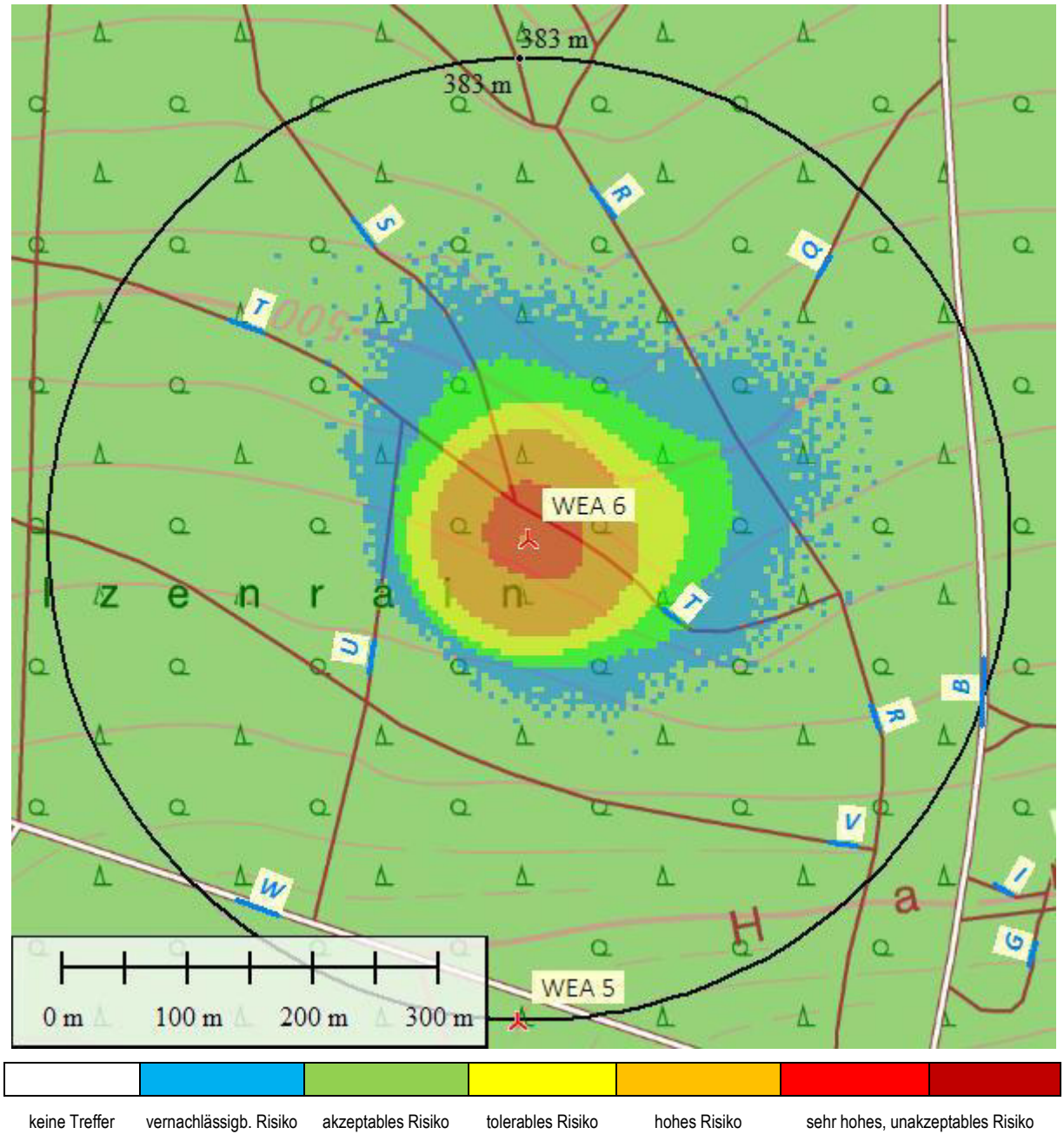



**Abbildung 4-12: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 6 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für regelmäßig benutzte Wege.**

Industrie Service

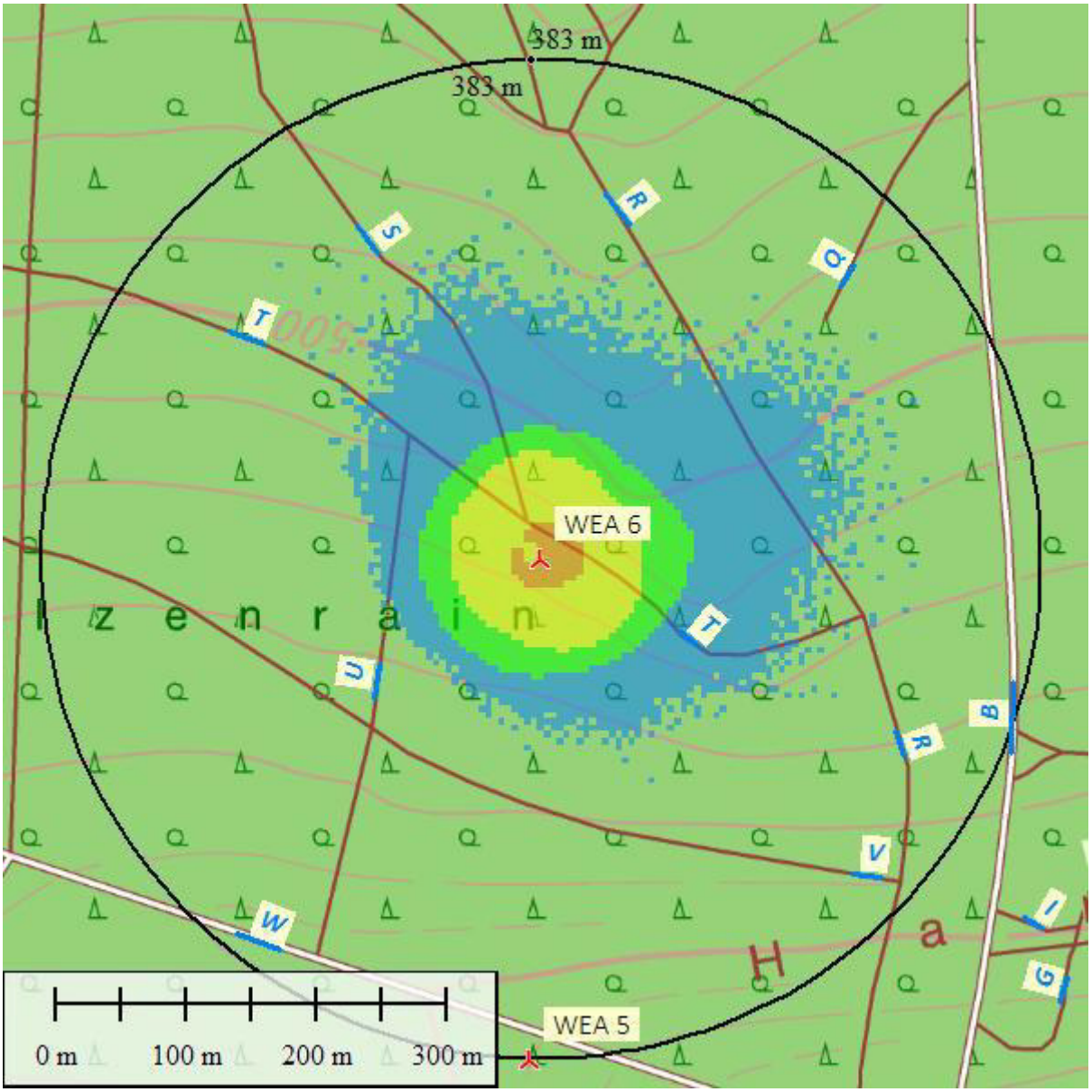



**Abbildung 4-13: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 6 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für häufig benutzte Wege.**

Industrie Service

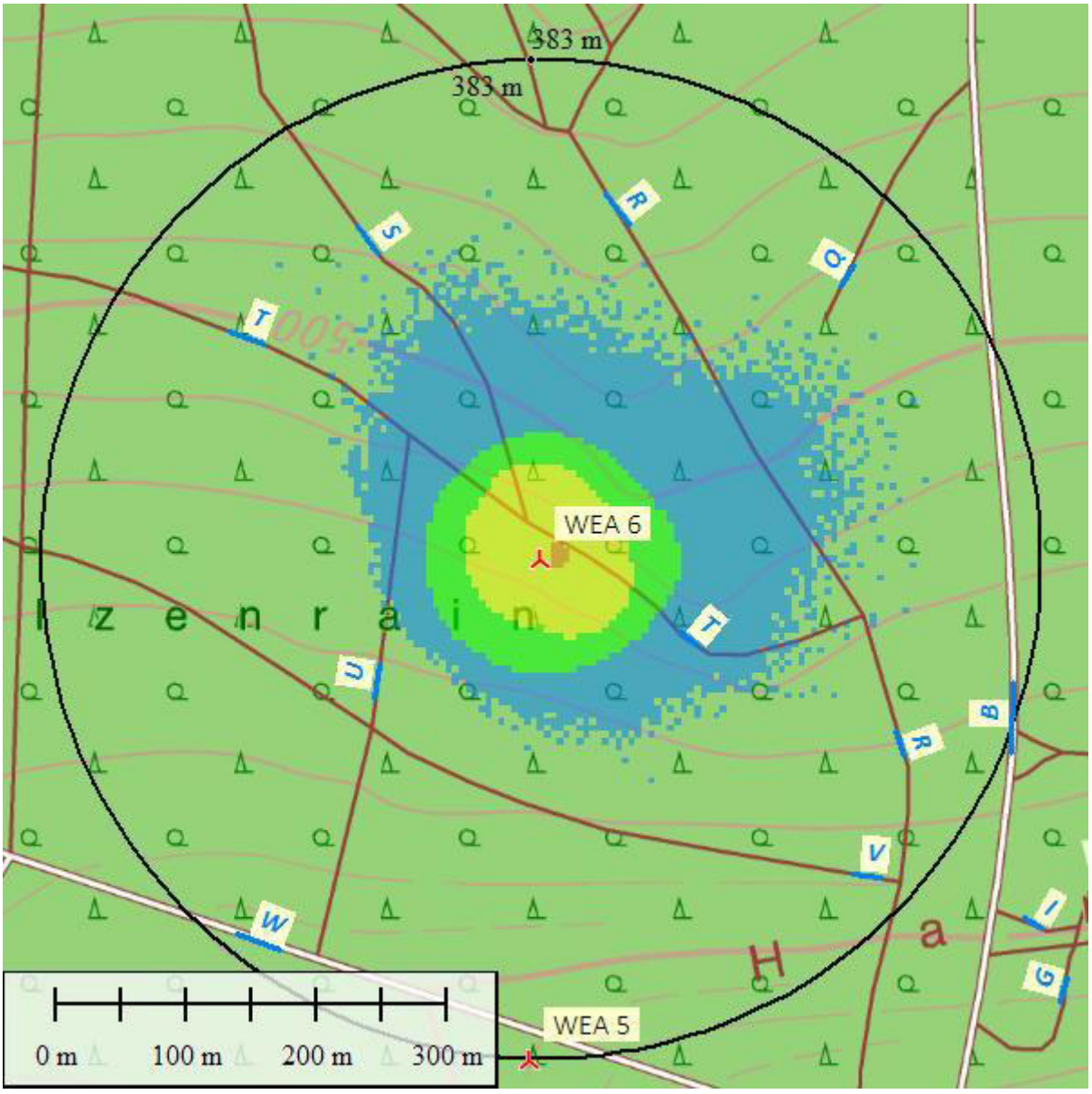



**Abbildung 4-14: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 6 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für gelegentlich benutzte Wege.**

Für die Untersuchungsobjekte (*B*), bei denen sich kein Treffer bzw. lediglich Einzeltreffer im Rahmen der Eisfallsimulation ergeben haben, kann von einem vernachlässigbaren Risiko ausgegangen werden. Hier wird dementsprechend kein numerischer Risikowert ausgewiesen.

Industrie Service

In der folgenden Tabelle 12 sind die Ergebnisse der Risikoanalyse für die WEA 6 zusammengefasst.

| Objekt | Risiko (1/a) ohne weitere Maßnahmen | Empfohlene Maßnahme | Risikoeinschätzung (1/a) nach Umsetzung der Maßnahmen |
|---|---|---|---|
| B | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| Q | 2.55E-13 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| R | 6.13E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| S | 1.28E-06 (hoch) | Warnschilder bzgl. der spezifischen Gefährdung durch Eisfall | tolerabel |
| T | 1.76E-06 (hoch) | Warnschilder bzgl. der spezifischen Gefährdung durch Eisfall | tolerabel |
| U | 1.62E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| V | 8.06E-13 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |

**Tabelle 12: Risiken ausgehend von der WEA 6.**

Für die Wege *B* bis *R* sowie *U* und *V* liegen die Risiken im vernachlässigbaren Bereich. Weitere Maßnahmen zur Risikoreduzierung sind hier nicht notwendig.

Für die Wege *S* und *T* liegen die Risiken im hohen Bereich. Maßnahmen zur Risikoreduzierung sind hier zu ergreifen. Durch das Aufstellen von eindeutigen Warnschildern am Wegesrand, die spezifisch vor der Gefährdung durch Eisfall warnen, kann das Risiko in den tolerablen Bereich reduziert werden.

Industrie Service

## 4.7 Risiken ausgehend von der WEA 10

Aus den folgenden Abbildungen 4-15 bis 4-20 ist die Lage der Untersuchungsobjekte zur WEA 10 dargestellt. Darüber hinaus ist ein Umkreis von 383 m um diese WEA dargestellt, dies entspricht einem Abstand von 1.5 x (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe) gemäß [22] und zeigt, dass eine Risikobeurteilung für die in diesem Umkreis liegenden Wege notwendig ist. Außerdem wird dargestellt, ob in [1] für einen Quadranten überhaupt ein Treffer mit einem Eisstück simuliert wurde und wie groß das sich ergebene Risiko im Falle von Treffern mit Eisstücken gemäß der beschriebenen Methodik in Kapitel 3 ist. Hierbei wird ergänzend zwischen den relevanten Expositionsszenarien unterschieden.

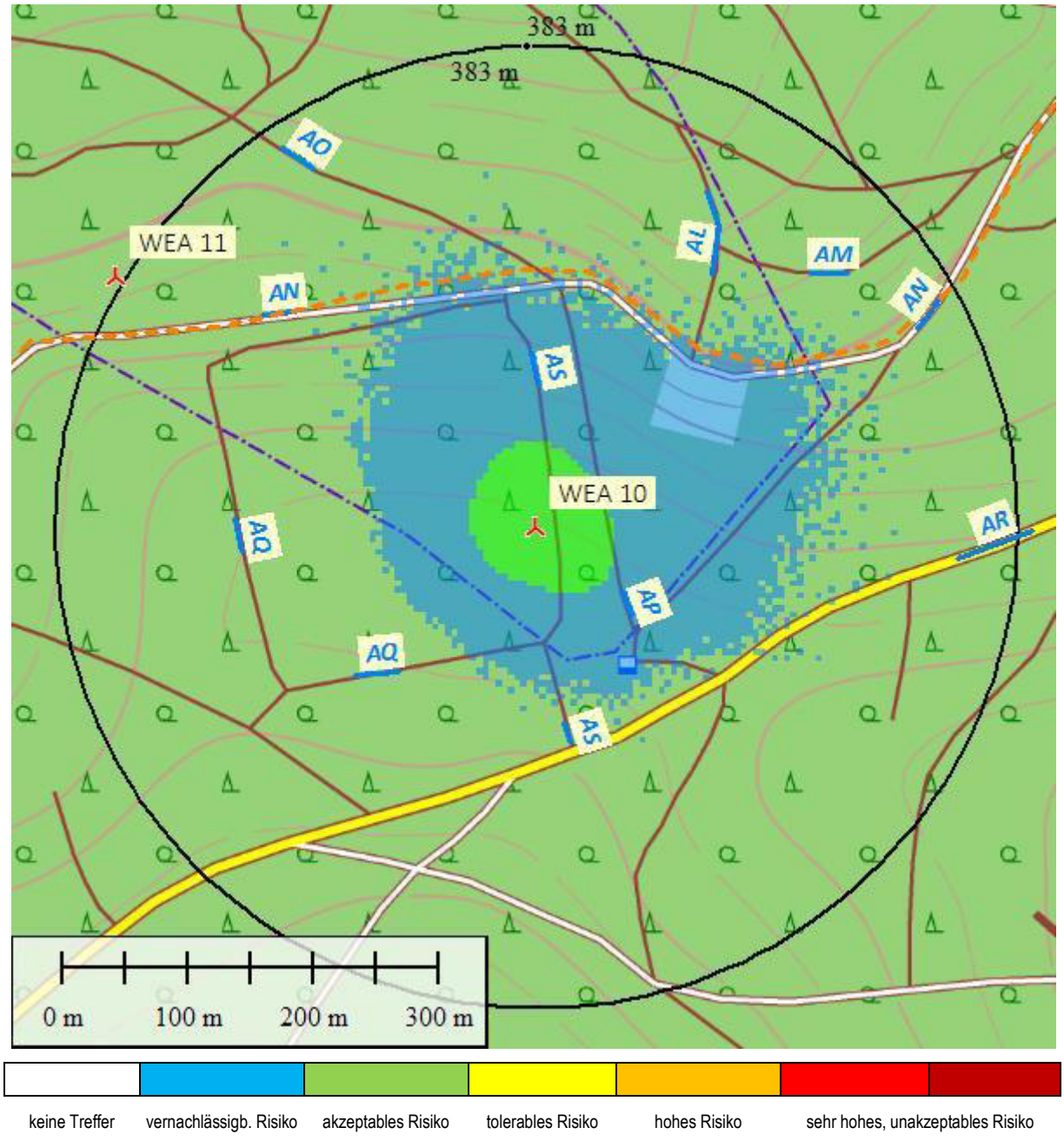
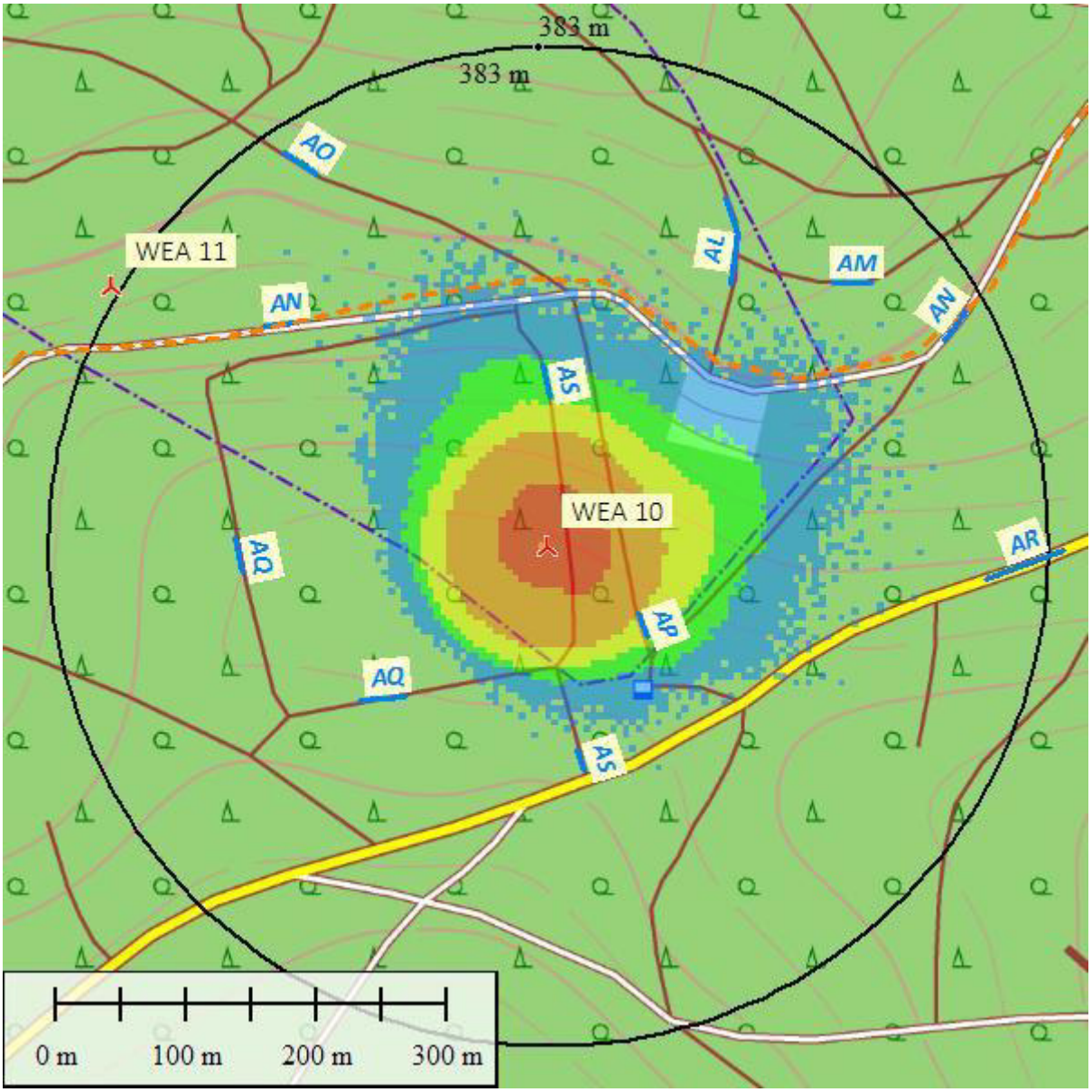



**Abbildung 4-15: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 10 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das kollektive Risiko für eine Exposition mit 7.000 KFZ pro Tag auf der Straße *AR* (Landstraße L339).**

Industrie Service



keine Treffer | vernachlässigb. Risiko | akzeptables Risiko | tolerables Risiko | hohes Risiko | sehr hohes, unakzeptables Risiko

**Abbildung 4-16: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 10 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für regelmäßig benutzte Wege.**

Industrie Service

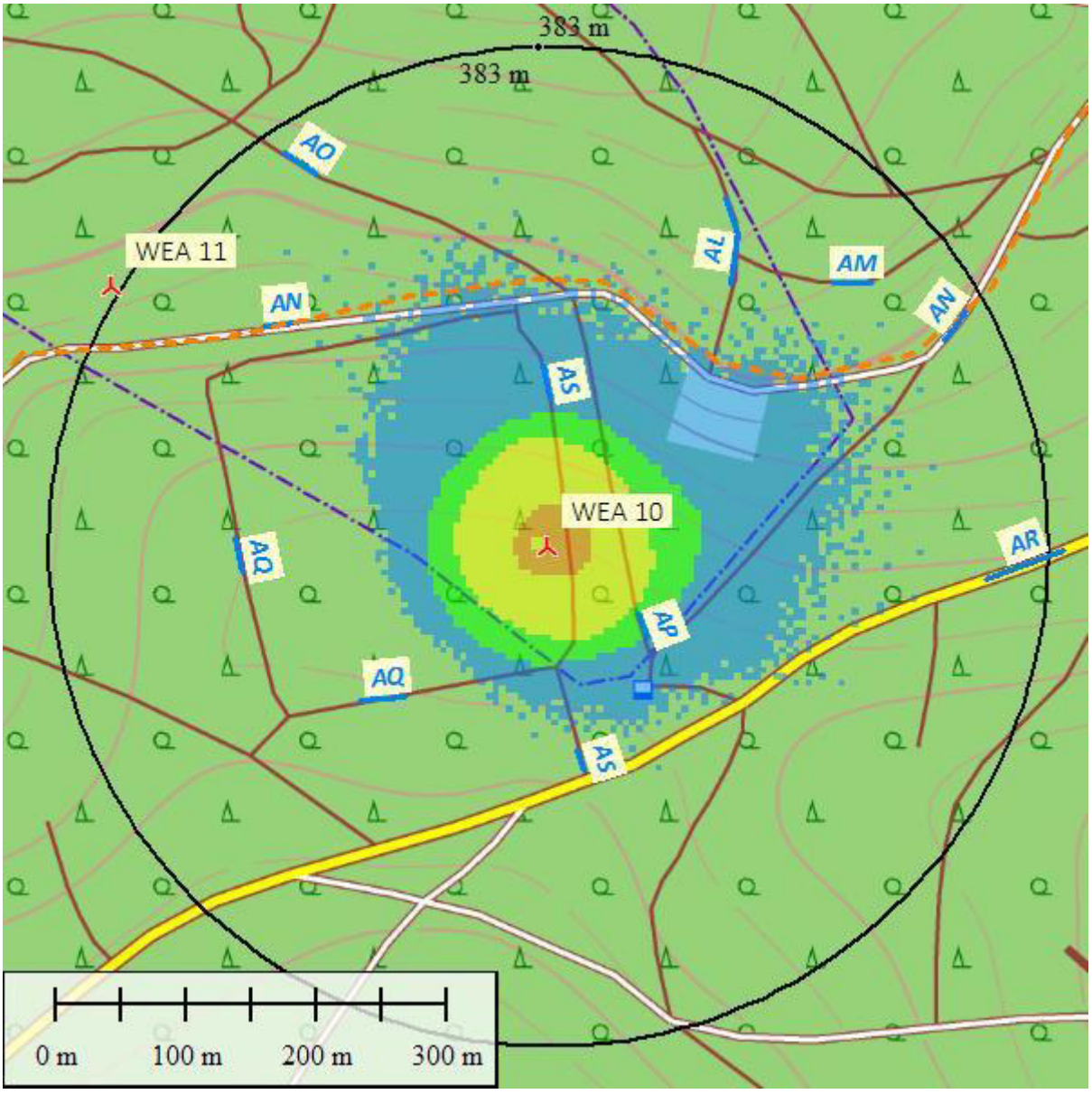
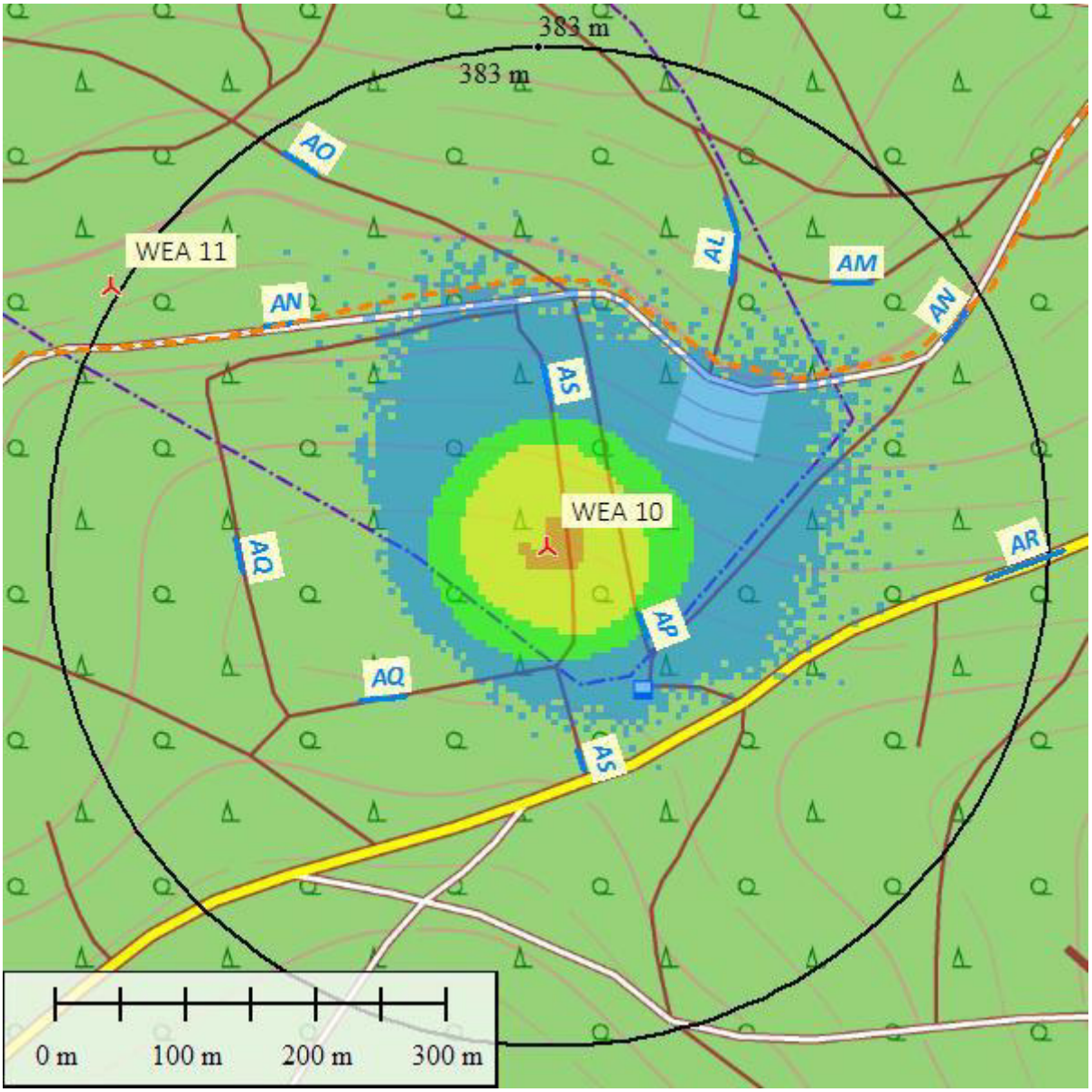


**Abbildung 4-17: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 10 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für häufig benutzte Wege.**

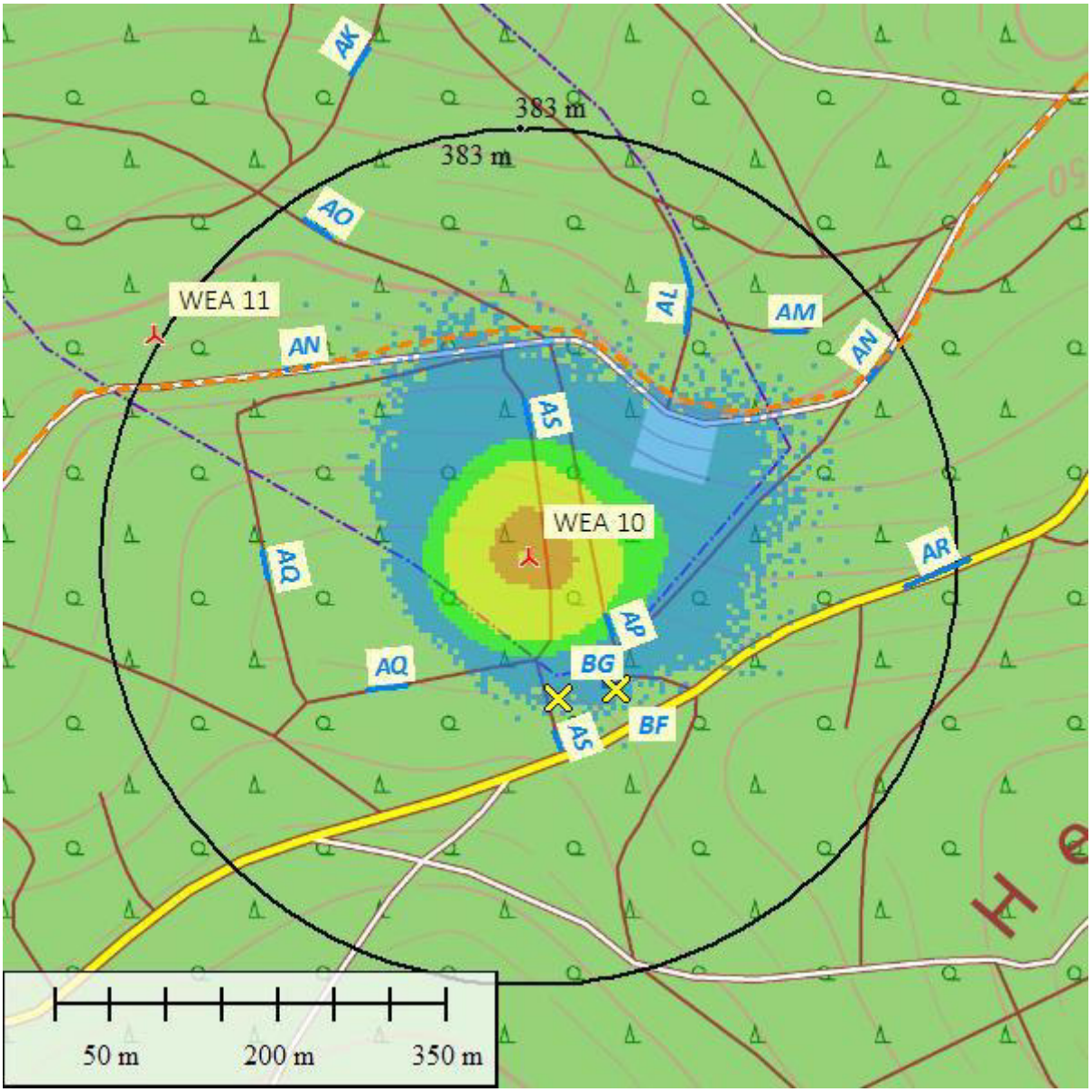
Industrie Service



keine Treffer | vernachlässigb. Risiko | akzeptables Risiko | tolerables Risiko | hohes Risiko | sehr hohes, unakzeptables Risiko

**Abbildung 4-18: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 10 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für gelegentlich benutzte Wege.**

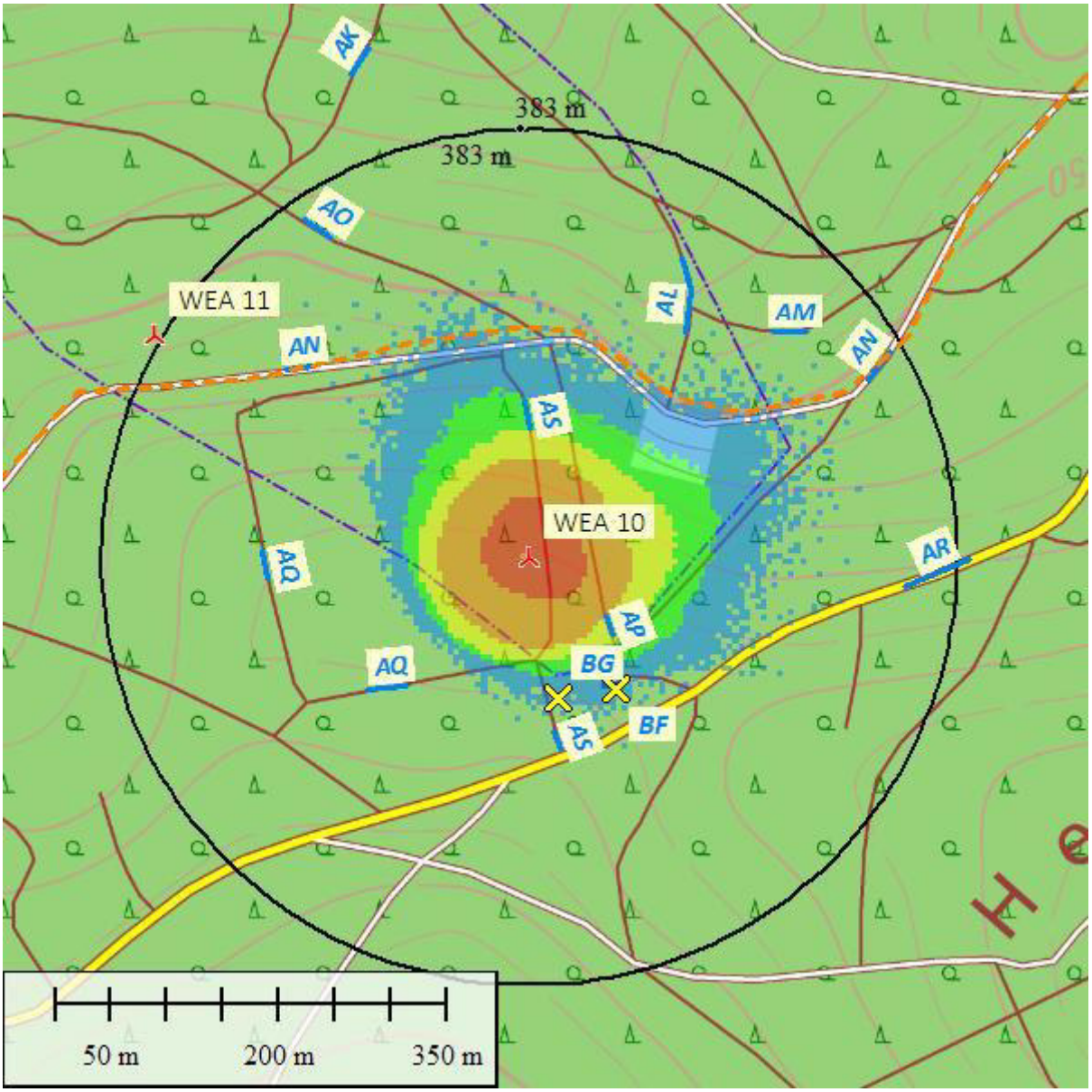
Industrie Service



keine Treffer | vernachlässigb. Risiko | akzeptables Risiko | tolerables Risiko | hohes Risiko | sehr hohes, unakzeptables Risiko

**Abbildung 4-19: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 10 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für den Hochbehälter der Wasserversorgung (*BF*). Aufgrund der zur Verfügung gestellten Informationen zum Nutzungsprofil wird von einem 5-minütigen Aufenthalt pro Monat vor dem Gebäude ausgegangen [28]. Innerhalb des Gebäudes sind Personen vor Eisfall ausreichend geschützt.**

Industrie Service



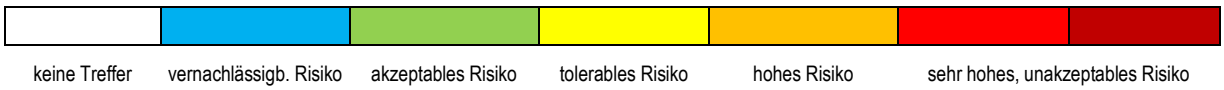




**Abbildung 4-20: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 10 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für die Hütte zur forstbetrieblichen Lagerung (*BG*). Aufgrund der zur Verfügung gestellten Informationen zum Nutzungsprofil wird von einem 10-minütigen Aufenthalt pro Woche vor dem Gebäude ausgegangen [29]. Innerhalb des Gebäudes sind Personen vor Eisfall ausreichend geschützt.**

Für die Untersuchungsobjekte (*AM*), bei denen sich kein Treffer bzw. lediglich Einzeltreffer im Rahmen der Eisfallsimulation ergeben hat, kann von einem vernachlässigbaren Risiko ausgegangen werden. Hier wird dementsprechend kein numerischer Risikowert ausgewiesen.

Industrie Service

In der folgenden Tabelle 13 sind die Ergebnisse der Risikoanalyse für die WEA 10 zusammengefasst.

| Objekt | Risiko (1/a) ohne weitere Maßnahmen | Empfohlene Maßnahme | Risikoeinschätzung (1/a) nach Umsetzung der Maßnahmen |
|---|---|---|---|
| AL | 3.13E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AM | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| AN | 2.36E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AO | 3.87E-11 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AP | 4.14E-07 (tolerabel) | keine | tolerabel |
| AQ | 3.83E-08 (akzeptabel) | keine | akzeptabel |
| AR | 4.64E-07(vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AS | 1.29E-06 (hoch) | Warnschilder bzgl. der spezifischen Gefährdung durch Eisfall | tolerabel |
| BF | 5.13E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| BG | 6.72E-09 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |

**Tabelle 13: Risiken ausgehend von der WEA 10.**

Für die Untersuchungsobjekte *AL* bis *AR* liegen die Risiken im tolerablen, akzeptablen oder vernachlässigbaren Bereich. Für die Untersuchungsobjekte *BF* (Hochbehälter der Wasserversorgung) und *BG* (Forsthütte) haben sich Risiken im vernachlässigbaren Bereich ergeben. Weitere Maßnahmen zur Risikoreduzierung sind hier nicht notwendig.

Für den Weg AS liegen die Risiken im hohen Bereich. Maßnahmen zur Risikoreduzierung sind hier zu ergreifen. Durch das Aufstellen von eindeutigen Warnschildern am Wegesrand, die spezifisch vor der Gefährdung durch Eisfall warnen, kann das Risiko in den tolerablen Bereich reduziert werden.

Industrie Service

## 4.8 Risiken ausgehend von der WEA 11

Aus den folgenden Abbildungen 4-21 und 4-23 ist die Lage der Untersuchungsobjekte zur WEA 11 dargestellt. Darüber hinaus ist ein Umkreis von 383 m um diese WEA dargestellt, dies entspricht einem Abstand von 1.5 x (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe) gemäß [22] und zeigt, dass eine Risikobeurteilung für die in diesem Umkreis liegenden Wege notwendig ist. Außerdem wird dargestellt, ob in [1] für einen Quadranten überhaupt ein Treffer mit einem Eisstück simuliert wurde und wie groß das sich ergebene Risiko im Falle von Treffern mit Eisstücken gemäß der beschriebenen Methodik in Kapitel 3 ist. Hierbei wird ergänzend zwischen den relevanten Expositionsszenarien unterschieden.

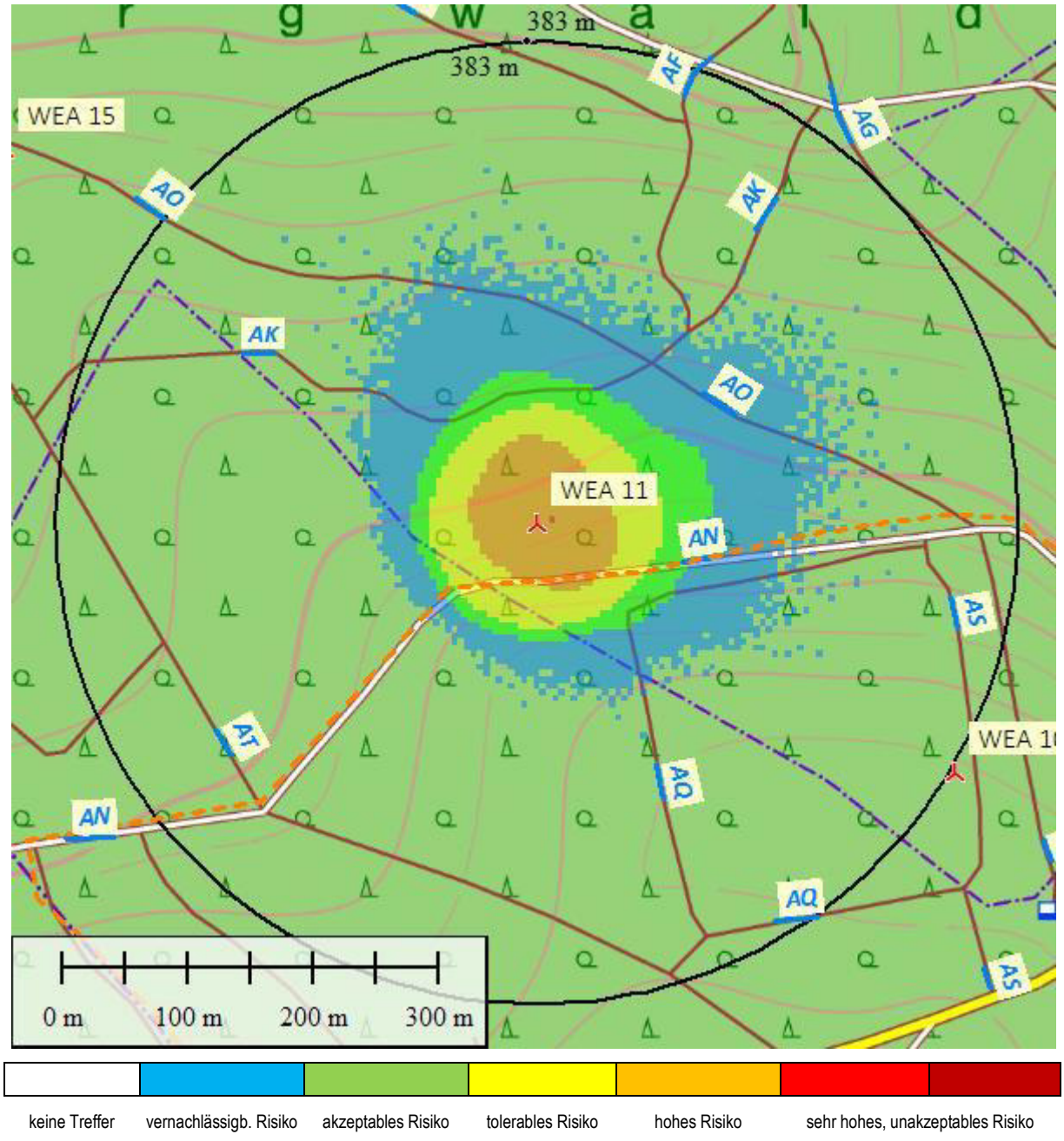
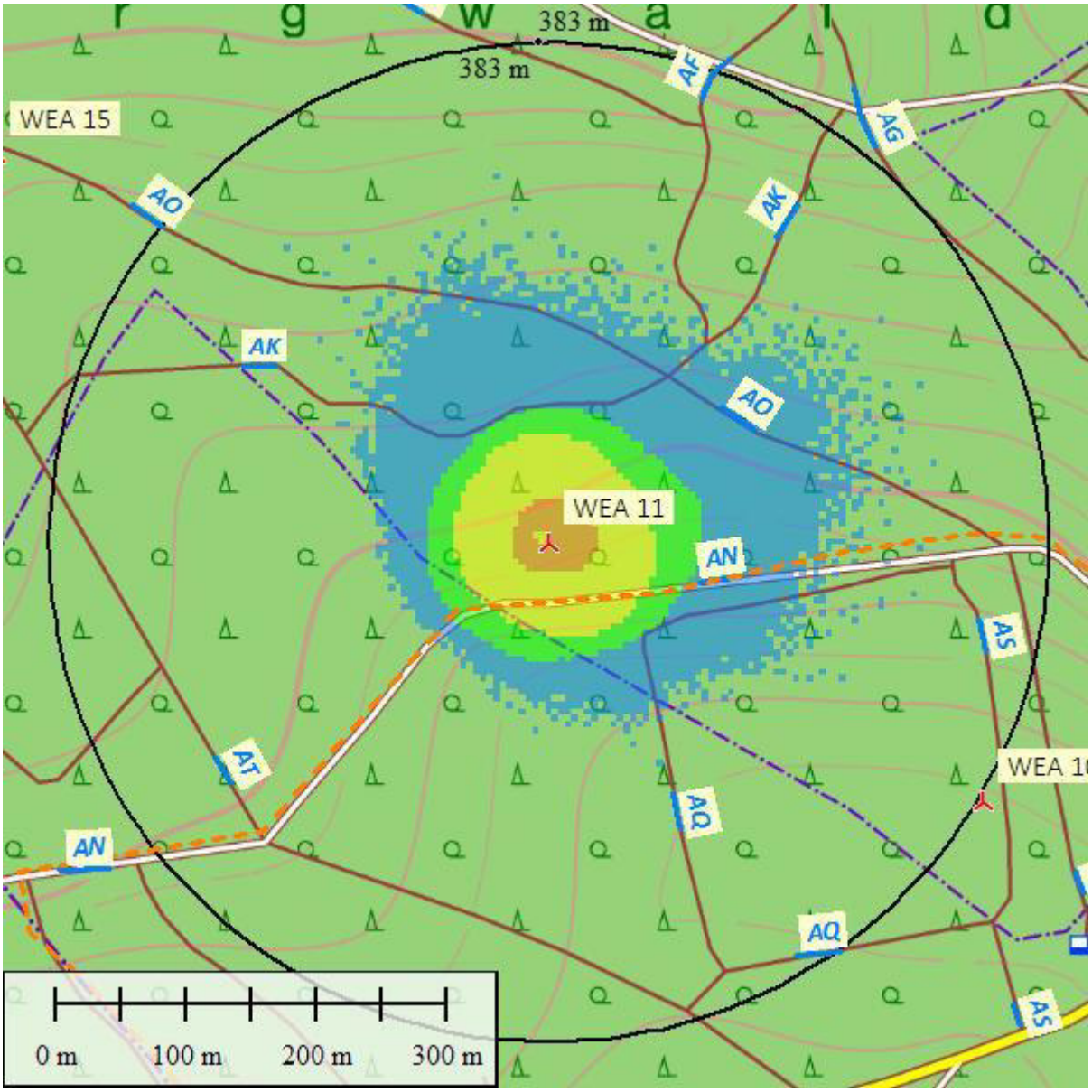



**Abbildung 4-21: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 11 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für regelmäßig benutzte Wege.**

Industrie Service



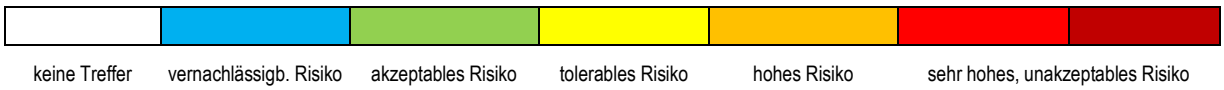
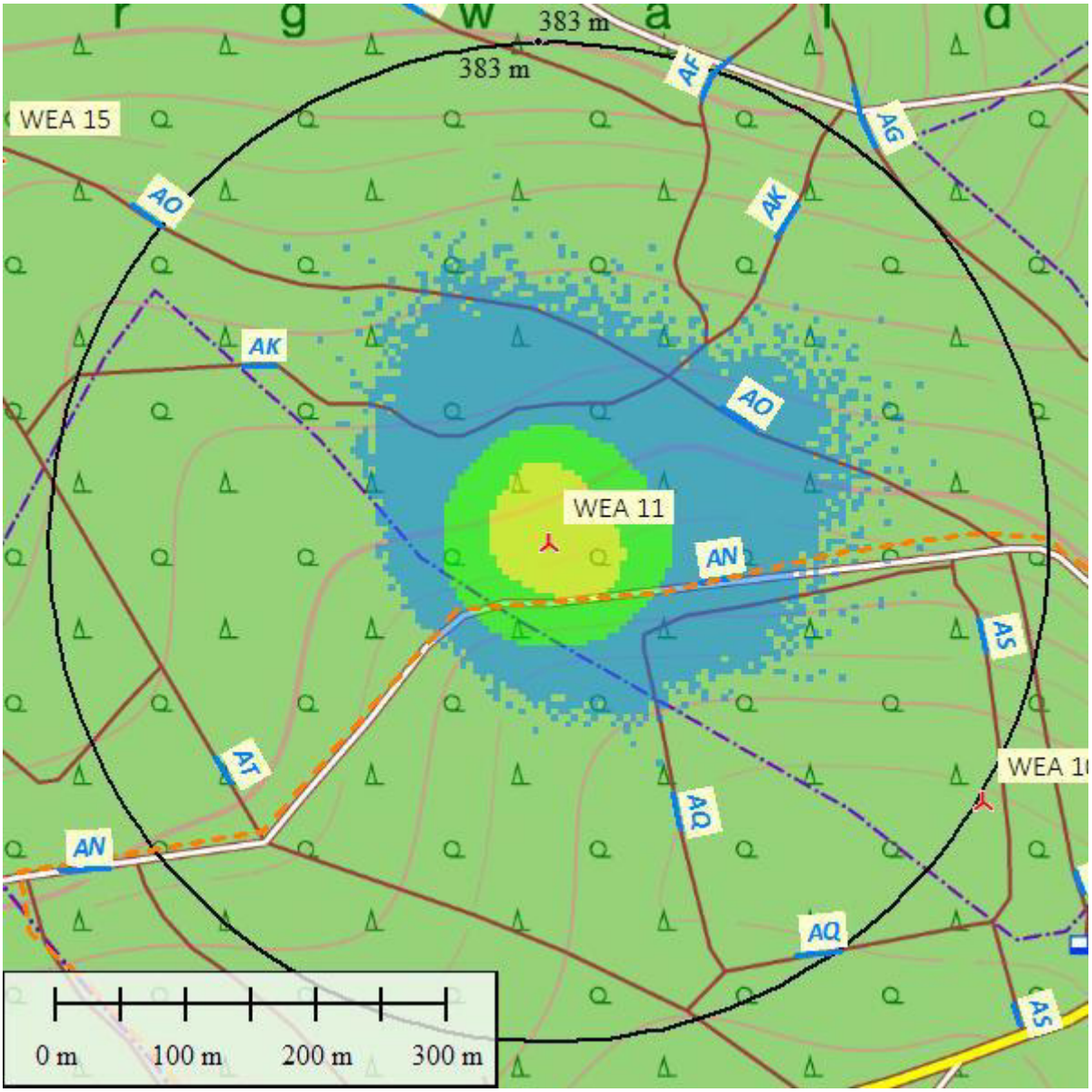




**Abbildung 4-22: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 11 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für häufig benutzte Wege.**

Industrie Service



keine Treffer | vernachlässigb. Risiko | akzeptables Risiko | tolerables Risiko | hohes Risiko | sehr hohes, unakzeptables Risiko

**Abbildung 4-23: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 11 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für gelegentlich benutzte Wege.**

Industrie Service

In der folgenden Tabelle 14 sind die Ergebnisse der Risikoanalyse für die WEA 11 zusammengefasst.

| Objekt | Risiko (1/a) ohne weitere Maßnahmen | Empfohlene Maßnahme | Risikoeinschätzung (1/a) nach Umsetzung der Maßnahmen |
|---|---|---|---|
| AF | 3.87E-11 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AK | 4.25E-09 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AN | 1.32E-06 (hoch) | Warnschilder bzgl. der spezifischen Gefährdung durch Eisfall | tolerabel |
| AO | 2.66E-09 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AQ | 1.02E-09 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |

**Tabelle 14: Risiken ausgehend von der WEA 11.**

Für die Wege *AF*, *AK* sowie *AO* und *AQ* liegen die Risiken im vernachlässigbaren Bereich. Weitere Maßnahmen zur Risikoreduzierung sind hier nicht notwendig.

Für den Weg *AN* (Wanderweg) liegen die Risiken im hohen Bereich. Maßnahmen zur Risikoreduzierung sind hier zu ergreifen. Durch das Aufstellen von eindeutigen Warnschildern am Wegesrand, die spezifisch vor der Gefährdung durch Eisfall warnen, kann das Risiko in den tolerablen Bereich reduziert werden.

Industrie Service

## 4.9 Risiken ausgehend von der WEA 12

Aus den folgenden Abbildungen 4-24 und 4-26 ist die Lage der Untersuchungsobjekte zur WEA 12 dargestellt. Darüber hinaus ist ein Umkreis von 383 m um diese WEA dargestellt, dies entspricht einem Abstand von 1.5 x (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe) gemäß [22] und zeigt, dass eine Risikobeurteilung für die in diesem Umkreis liegenden Wege notwendig ist. Außerdem wird dargestellt, ob in [1] für einen Quadranten überhaupt ein Treffer mit einem Eisstück simuliert wurde und wie groß das sich ergebene Risiko im Falle von Treffern mit Eisstücken gemäß der beschriebenen Methodik in Kapitel 3 ist. Hierbei wird ergänzend zwischen den relevanten Expositionsszenarien unterschieden.

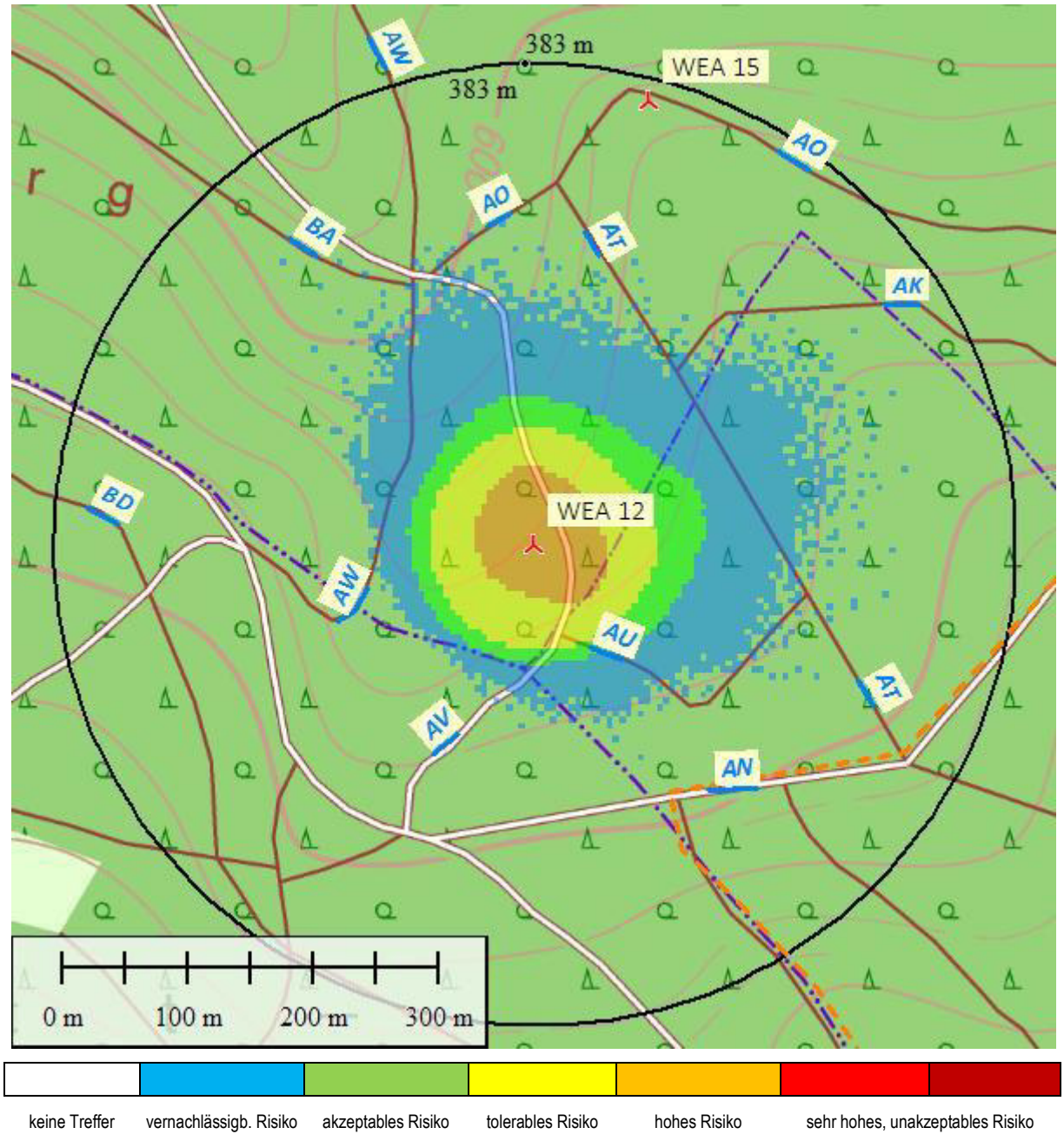



**Abbildung 4-24: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 12 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für regelmäßig benutzte Wege.**

Industrie Service

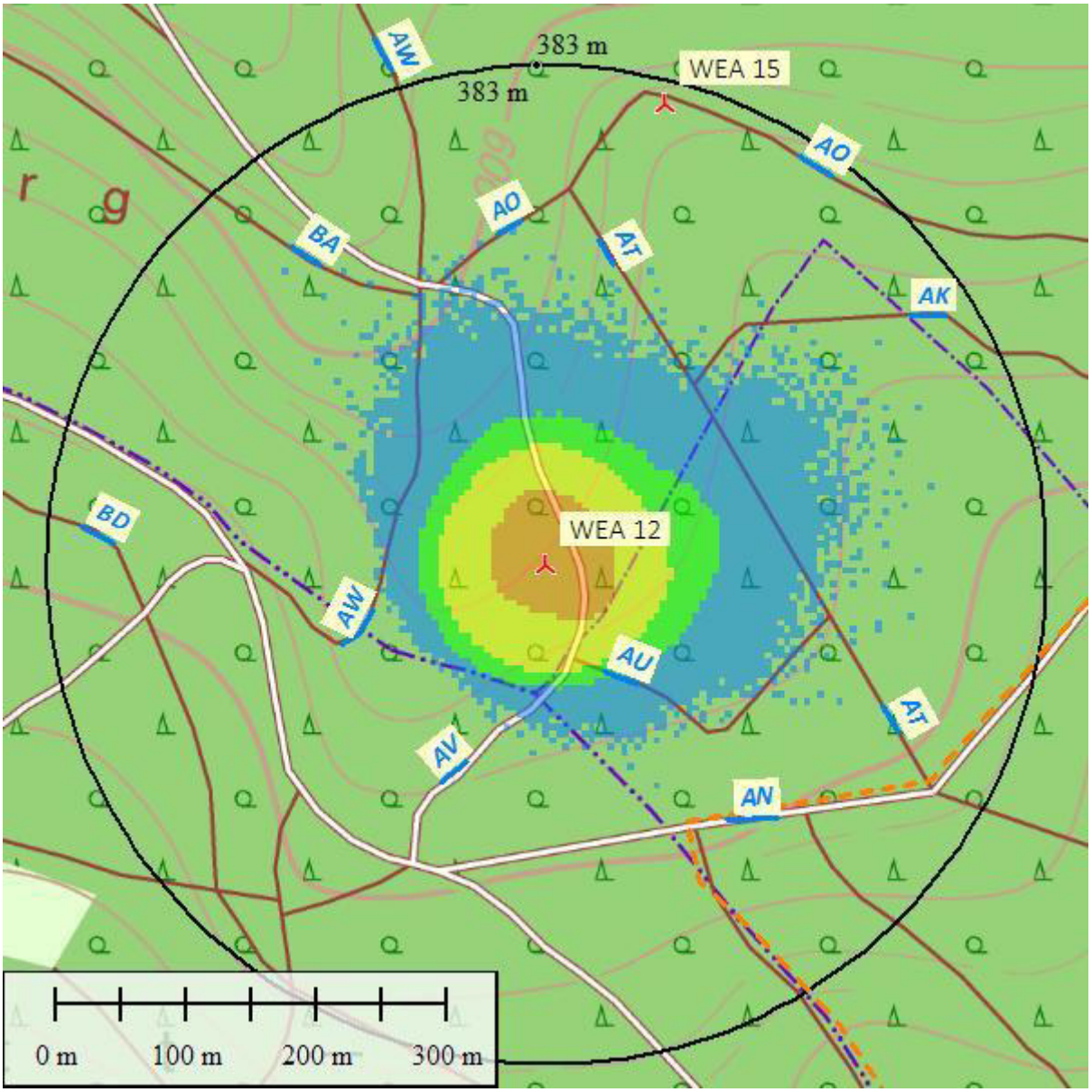


**Abbildung 4-25: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 12 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für häufig benutzte Wege.**

Industrie Service

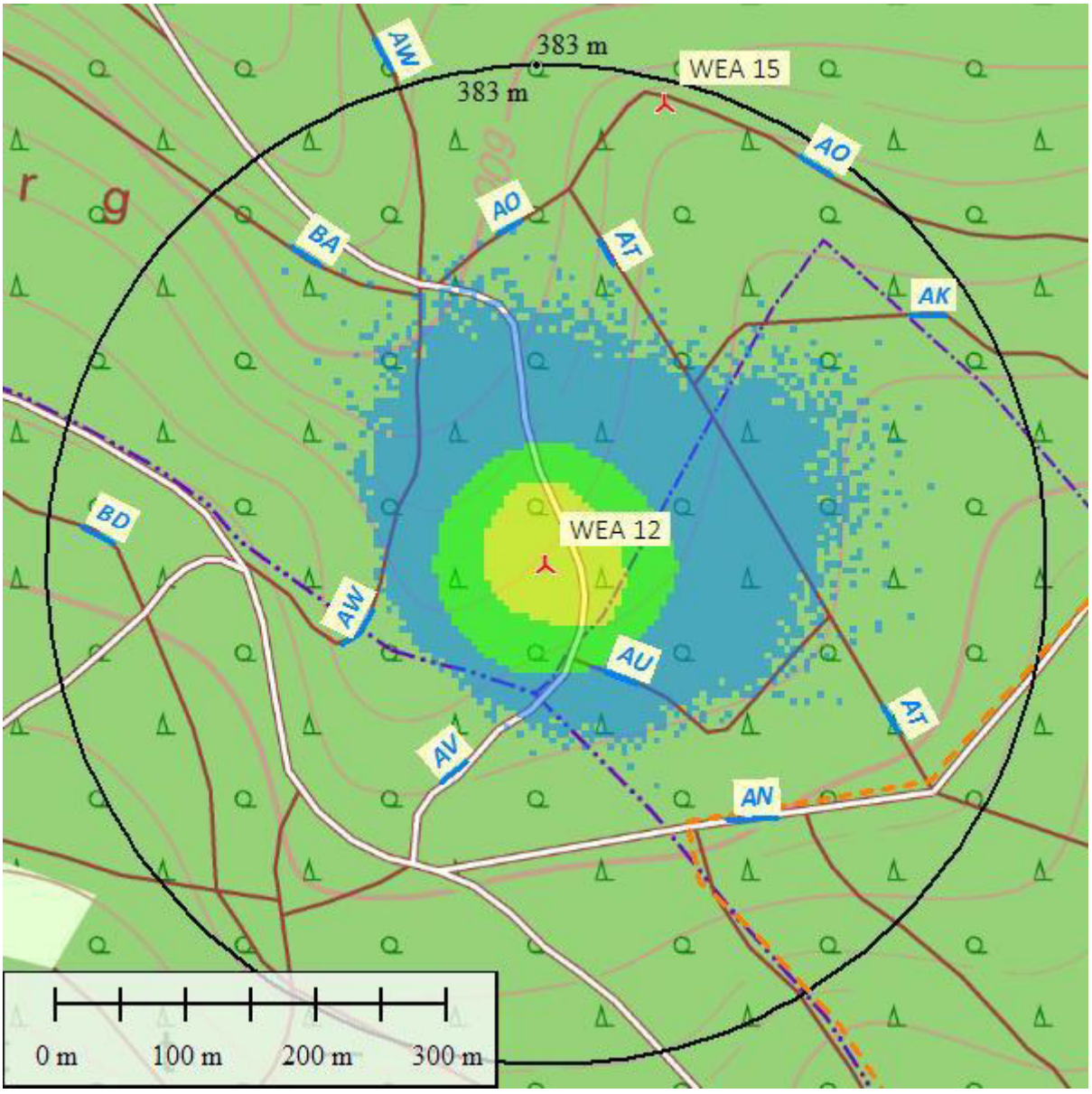



**Abbildung 4-26: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 12 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für gelegentlich benutzte Wege.**

Für die Untersuchungsobjekte (BA), bei denen sich kein Treffer bzw. lediglich Einzeltreffer im Rahmen der Eisfallsimulation ergeben hat, kann von einem vernachlässigbaren Risiko ausgegangen werden. Hier wird dementsprechend kein numerischer Risikowert ausgewiesen.

Industrie Service

In der folgenden Tabelle 15 sind die Ergebnisse der Risikoanalyse für die WEA 12 zusammengefasst.

| Objekt | Risiko (1/a) ohne weitere Maßnahmen | Empfohlene Maßnahme | Risikoeinschätzung (1/a) nach Umsetzung der Maßnahmen |
|---|---|---|---|
| AK | 2.36E-11 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AN | 3.61E-12 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AO | 2.55E-13 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AT | 4.93E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AU | 2.46E-08 (akzeptabel) | keine | akzeptabel |
| AV | 4.82E-06 (hoch) | Warnschilder bzgl. der spezifischen Gefährdung durch Eisfall | tolerabel |
| AW | 4.03E-11 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| BA | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |

**Tabelle 15: Risiken ausgehend von der WEA 12.**

Für die Wege *AK* bis *AU* sowie *AW* liegen die Risiken im akzeptablen oder vernachlässigbaren Bereich. Weitere Maßnahmen zur Risikoreduzierung sind hier nicht notwendig.

Für den Weg *AV* liegen die Risiken im hohen Bereich. Maßnahmen zur Risikoreduzierung sind hier zu ergreifen. Durch das Aufstellen von eindeutigen Warnschildern am Wegesrand, die spezifisch vor der Gefährdung durch Eisfall warnen, kann das Risiko in den tolerablen Bereich reduziert werden.

Industrie Service

## 4.10 Risiken ausgehend von der WEA 13

Aus den folgenden Abbildungen 4-27 bis 4-29 ist die Lage der Untersuchungsobjekte zur WEA 13 dargestellt. Darüber hinaus ist ein Umkreis von 383 m um diese WEA dargestellt, dies entspricht einem Abstand von 1.5 x (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe) gemäß [22] und zeigt, dass eine Risikobeurteilung für die in diesem Umkreis liegenden Wege notwendig ist. Außerdem wird dargestellt, ob in [1] für einen Quadranten überhaupt ein Treffer mit einem Eisstück simuliert wurde und wie groß das sich ergebene Risiko im Falle von Treffern mit Eisstücken gemäß der beschriebenen Methodik in Kapitel 3 ist. Hierbei wird ergänzend zwischen den relevanten Expositionsszenarien unterschieden.

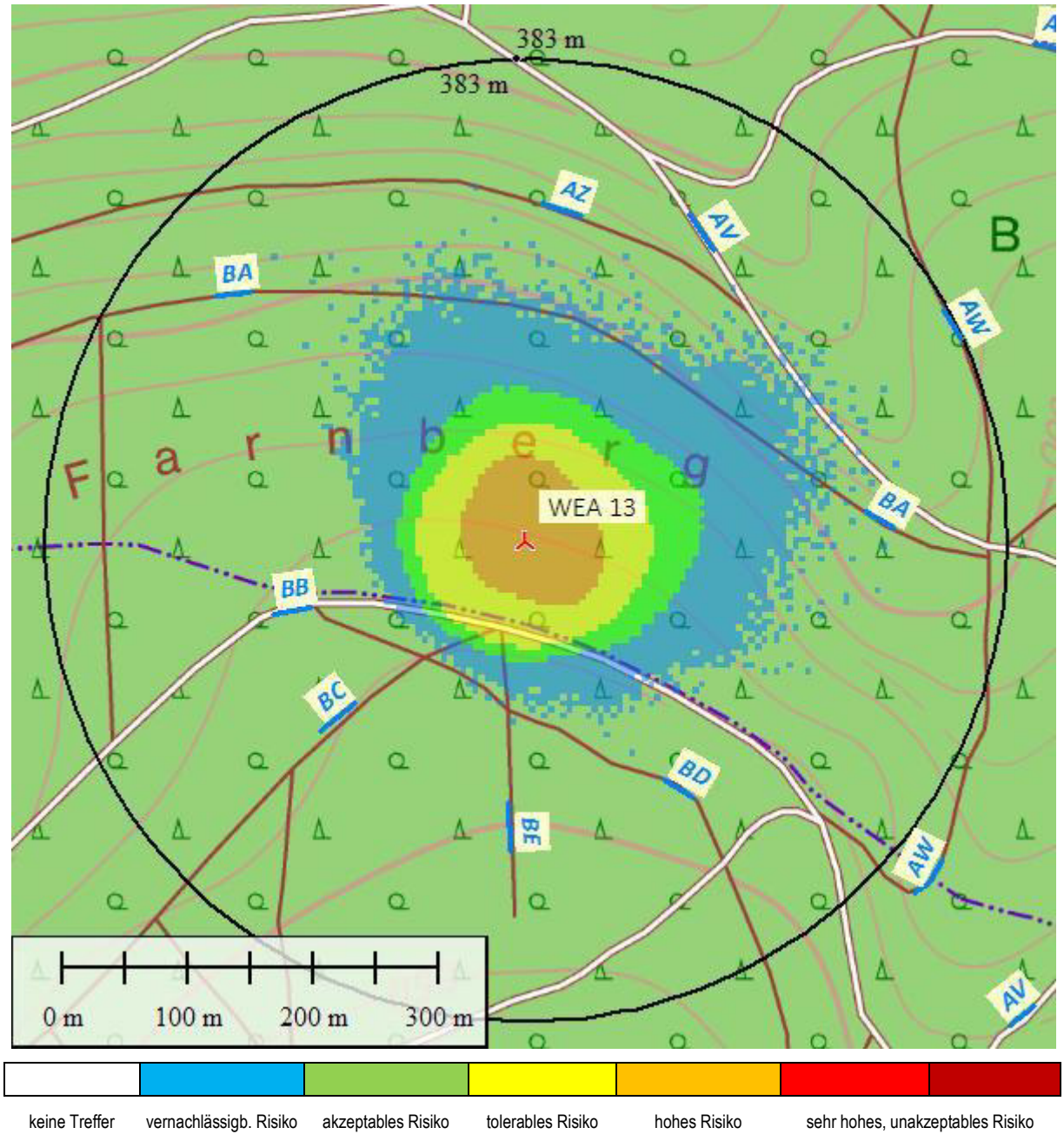
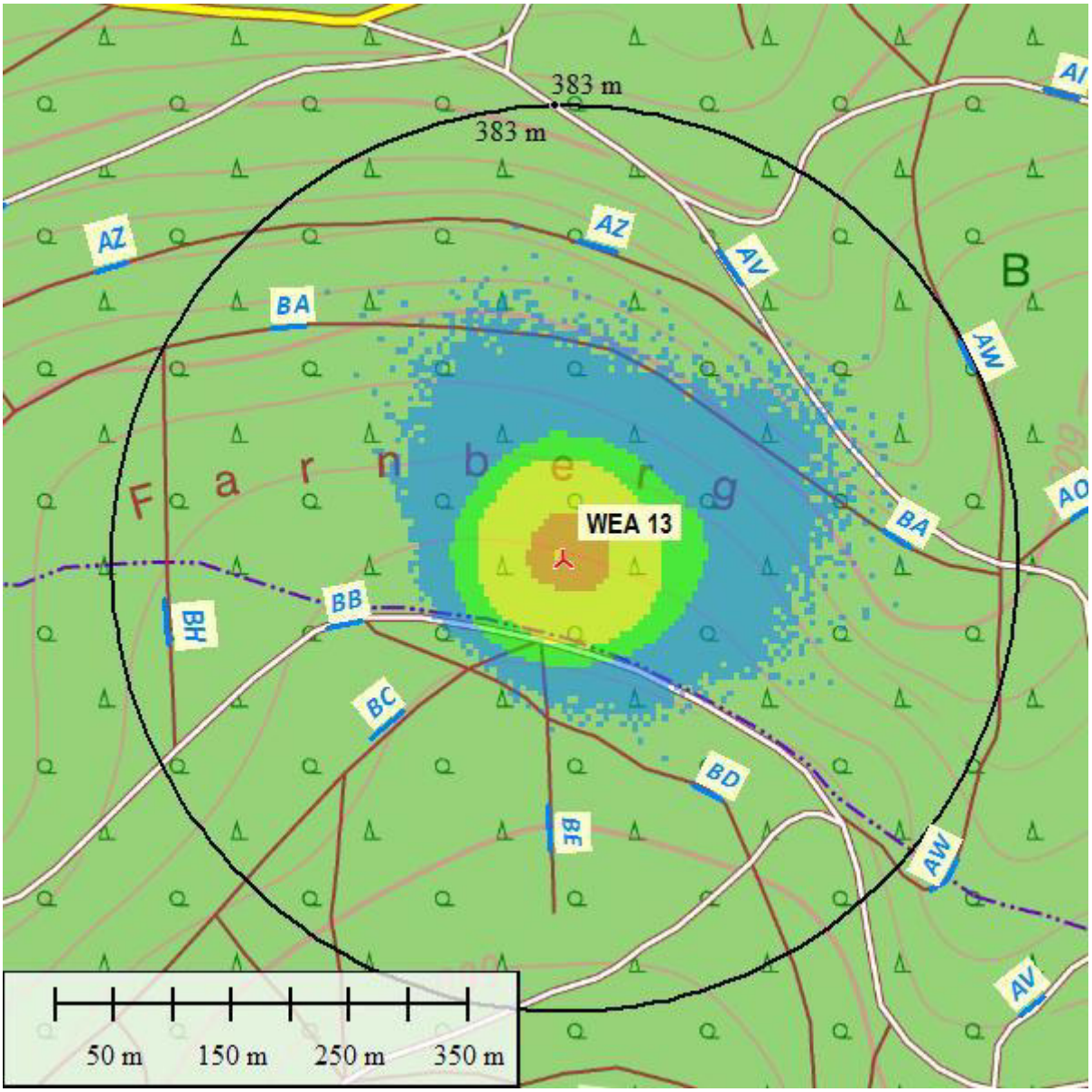



**Abbildung 4-27: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 13 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für regelmäßig benutzte Wege.**

Industrie Service



keine Treffer | vernachlässigb. Risiko | akzeptables Risiko | tolerables Risiko | hohes Risiko | sehr hohes, unakzeptables Risiko

**Abbildung 4-28: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 13 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für häufig benutzte Wege.**

Industrie Service

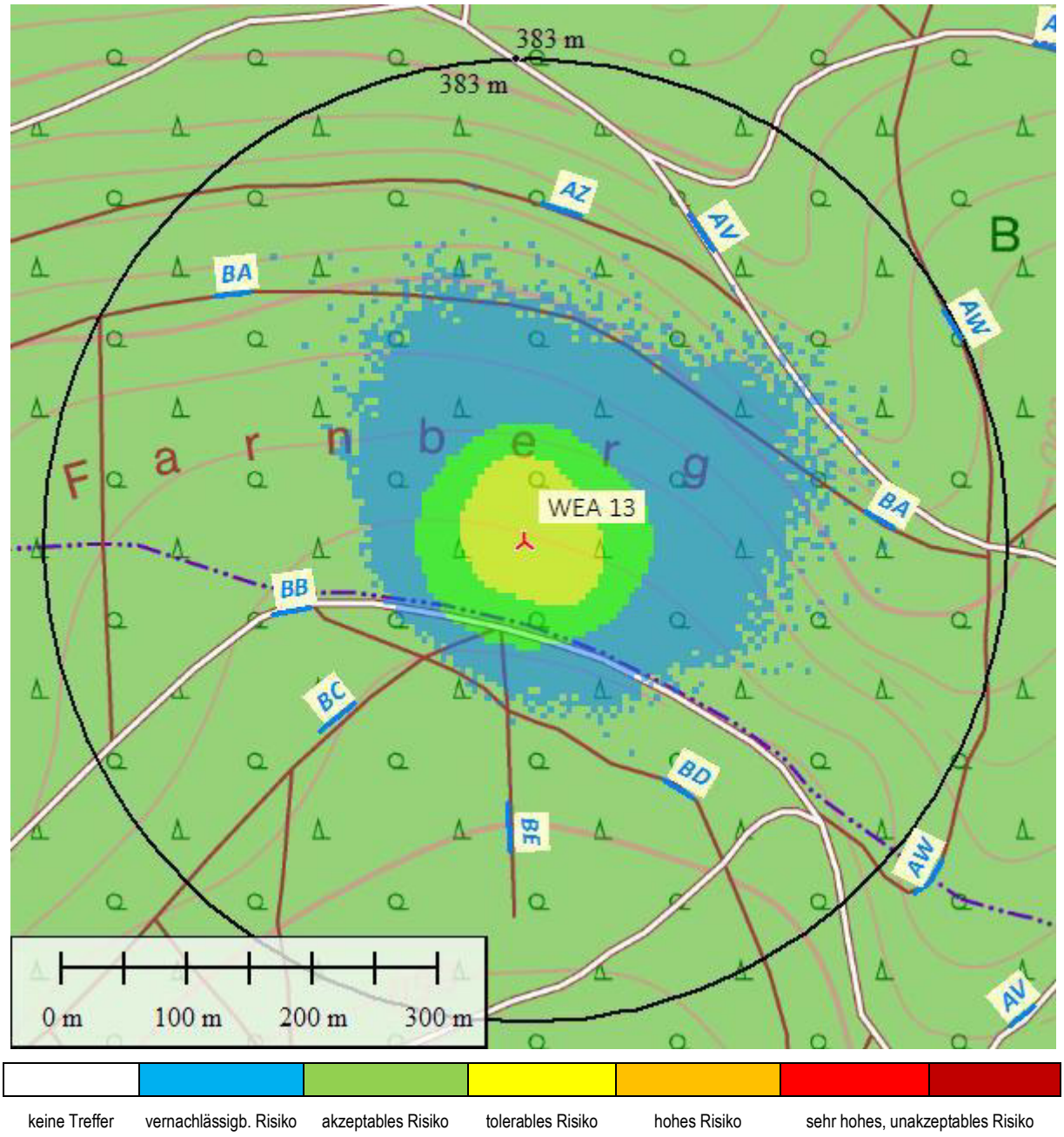



**Abbildung 4-29: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 13 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für gelegentlich benutzte Wege.**

Für die Untersuchungsobjekte (*AW* und *BD*), bei denen sich kein Treffer bzw. lediglich Einzeltreffer im Rahmen der Eisfallsimulation ergeben haben, kann von einem vernachlässigbaren Risiko ausgegangen werden. Hier wird dementsprechend kein numerischer Risikowert ausgewiesen.

Industrie Service

In der folgenden Tabelle 16 sind die Ergebnisse der Risikoanalyse für die WEA 13 zusammengefasst.

| Objekt | Risiko (1/a) ohne weitere Maßnahmen | Empfohlene Maßnahme | Risikoeinschätzung (1/a) nach Umsetzung der Maßnahmen |
|---|---|---|---|
| AV | 2.17E-11 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AW | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| AZ | 2.17E-12 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| BA | 3.60E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| BB | 3.64E-07 (tolerabel) | keine | tolerabel |
| BC | 7.78E-08 (akzeptabel) | keine | akzeptabel |
| BD | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| BE | 3.64E-08 (akzeptabel) | keine | akzeptabel |

**Tabelle 16: Risiken ausgehend von der WEA 13.**

Für die Wege *AV* bis *BE* liegen die Risiken im tolerablen, akzeptablen oder vernachlässigbaren Bereich. Weitere Maßnahmen zur Risikoreduzierung sind hier nicht notwendig.

Industrie Service

## 4.11 Risiken ausgehend von der WEA 14

Aus den folgenden Abbildungen 4-30 bis 4-32 ist die Lage der Untersuchungsobjekte zur WEA 14 dargestellt. Darüber hinaus ist ein Umkreis von 383 m um diese WEA dargestellt, dies entspricht einem Abstand von 1.5 x (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe) gemäß [22] und zeigt, dass eine Risikobeurteilung für die in diesem Umkreis liegenden Wege notwendig ist. Außerdem wird dargestellt, ob in [1] für einen Quadranten überhaupt ein Treffer mit einem Eisstück simuliert wurde und wie groß das sich ergebene Risiko im Falle von Treffern mit Eisstücken gemäß der beschriebenen Methodik in Kapitel 3 ist. Hierbei wird ergänzend zwischen den relevanten Expositionsszenarien unterschieden.

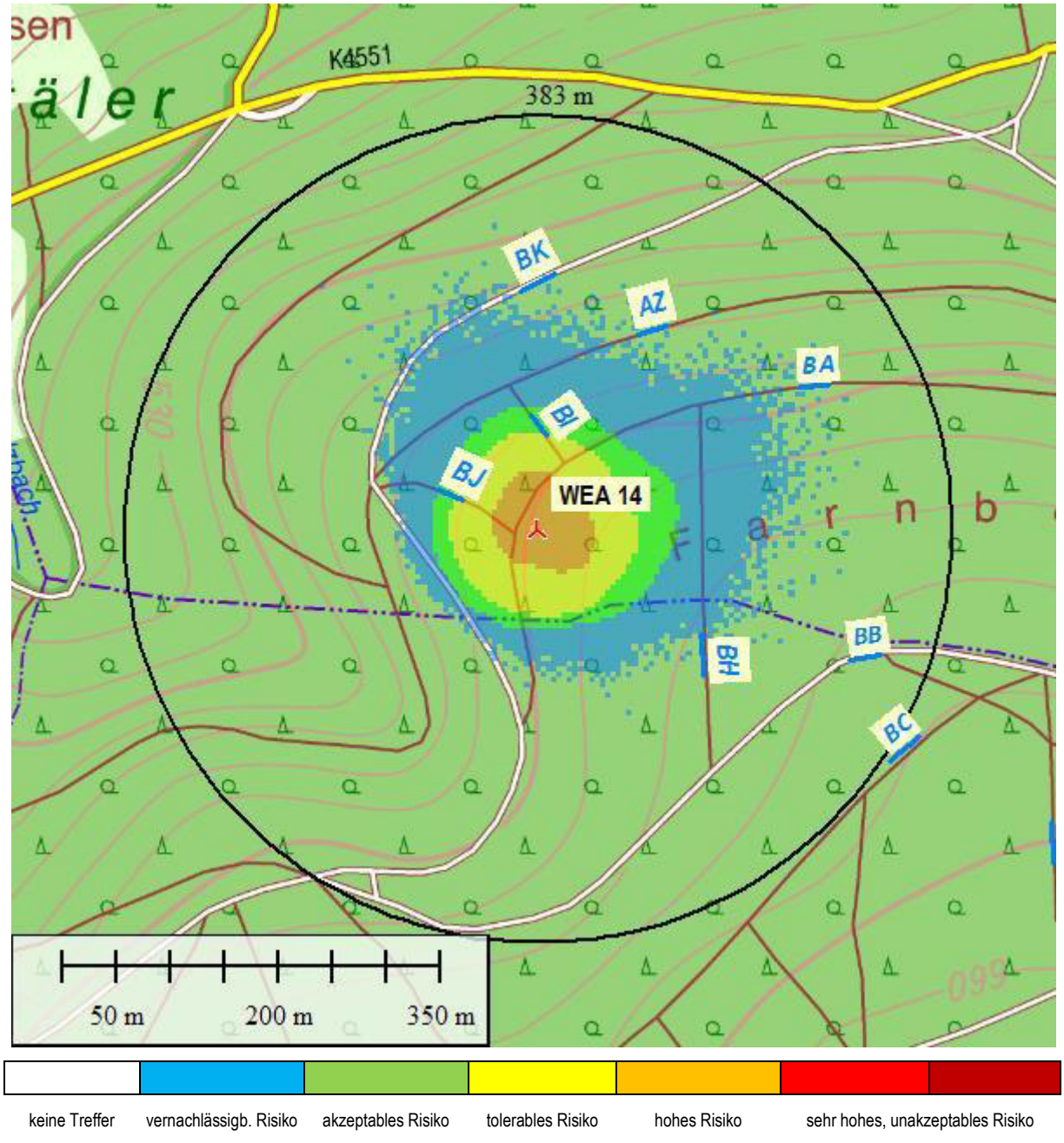
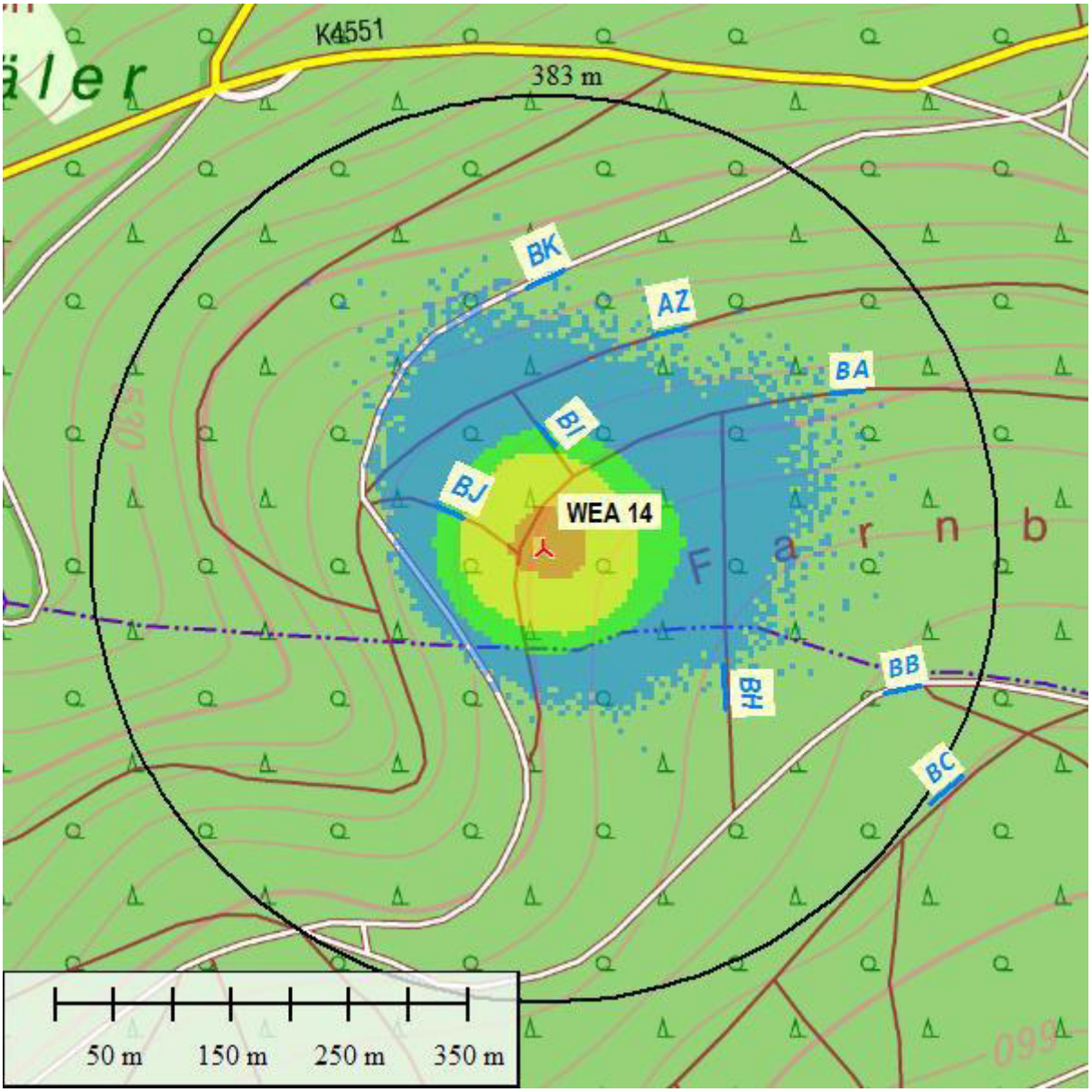



**Abbildung 4-30: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 14 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für regelmäßig benutzte Wege.**

Industrie Service



keine Treffer | vernachlässigb. Risiko | akzeptables Risiko | tolerables Risiko | hohes Risiko | sehr hohes, unakzeptables Risiko

**Abbildung 4-31: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 14 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für häufig benutzte Wege.**

Industrie Service

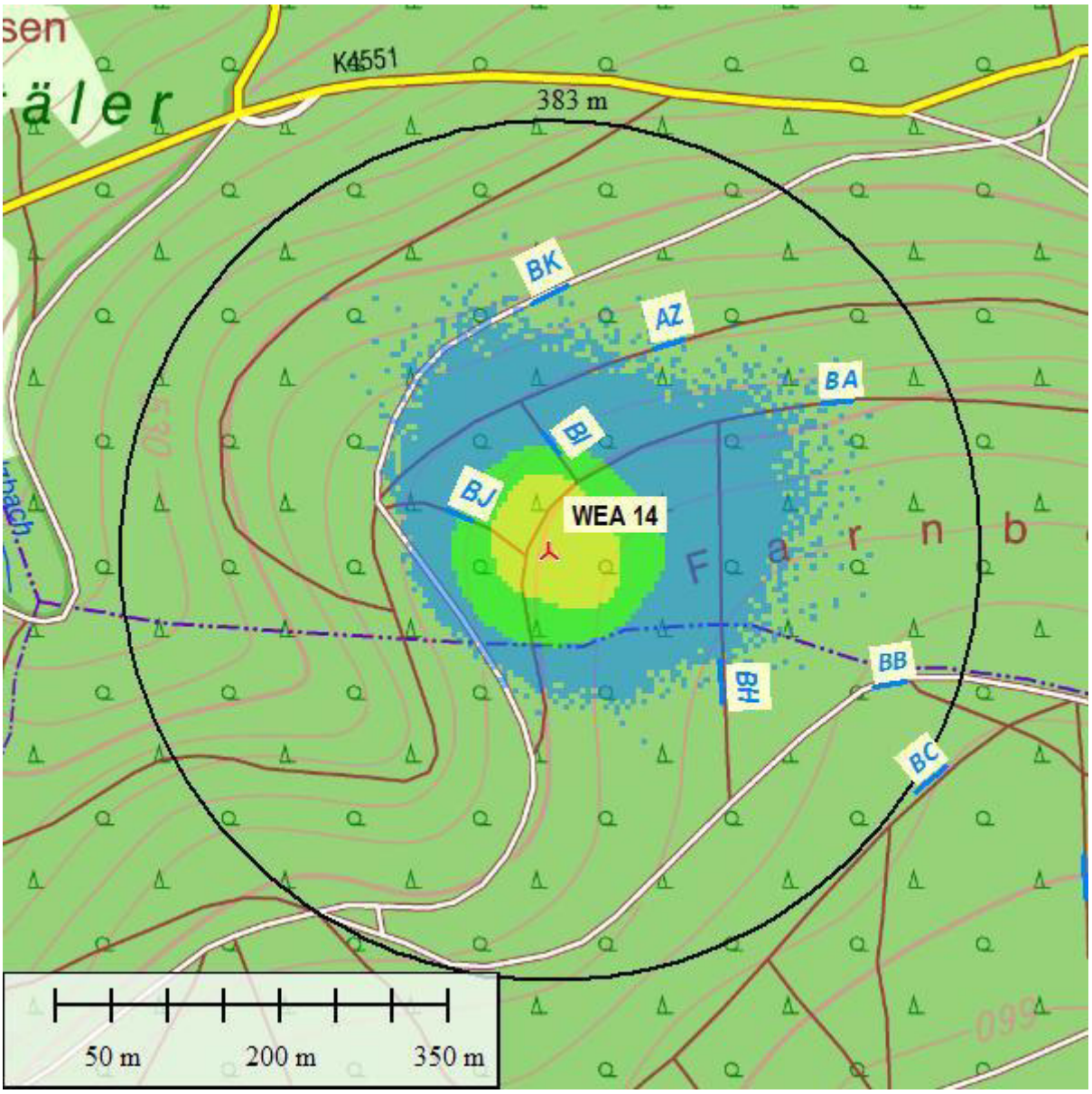



**Abbildung 4-32: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 14 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für gelegentlich benutzte Wege.**

Industrie Service

In der folgenden Tabelle 17 sind die Ergebnisse der Risikoanalyse für die WEA 14 zusammengefasst.

| Objekt | Risiko (1/a) ohne weitere Maßnahmen | Empfohlene Maßnahme | Risikoeinschätzung (1/a) nach Umsetzung der Maßnahmen |
|---|---|---|---|
| AZ | 5.45E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| BA | 1.37E-06 (hoch) | Warnschilder bzgl. der spezifischen Gefährdung durch Eisfall | tolerabel |
| BH | 5.42E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| BI | 1.01E-07 (tolerabel) | keine | tolerabel |
| BJ | 3.90E-07 (tolerabel) | keine | tolerabel |
| BK | 1.95E-08 (akzeptabel) | keine | akzeptabel |

**Tabelle 17: Risiken ausgehend von der WEA 14.**

Für die Wege *AZ* und *BH* bis *BK* liegen die Risiken im tolerablen, akzeptablen oder vernachlässigbaren Bereich. Weitere Maßnahmen zur Risikoreduzierung sind hier nicht notwendig.

Für den Weg *BA* liegen die Risiken im hohen Bereich. Maßnahmen zur Risikoreduzierung sind hier zu ergreifen. Durch das Aufstellen von eindeutigen Warnschildern am Wegesrand, die spezifisch vor der Gefährdung durch Eisfall warnen, kann das Risiko in den tolerablen Bereich reduziert werden.

Industrie Service

## 4.12 Risiken ausgehend von der WEA 15

Aus den folgenden Abbildungen 4-33 bis 4-35 ist die Lage der Untersuchungsobjekte zur WEA 15 dargestellt. Darüber hinaus ist ein Umkreis von 383 m um diese WEA dargestellt, dies entspricht einem Abstand von 1.5 x (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe) gemäß [22] und zeigt, dass eine Risikobeurteilung für die in diesem Umkreis liegenden Wege notwendig ist. Außerdem wird dargestellt, ob in [1] für einen Quadranten überhaupt ein Treffer mit einem Eisstück simuliert wurde und wie groß das sich ergebene Risiko im Falle von Treffern mit Eisstücken gemäß der beschriebenen Methodik in Kapitel 3 ist. Hierbei wird ergänzend zwischen den relevanten Expositionsszenarien unterschieden.

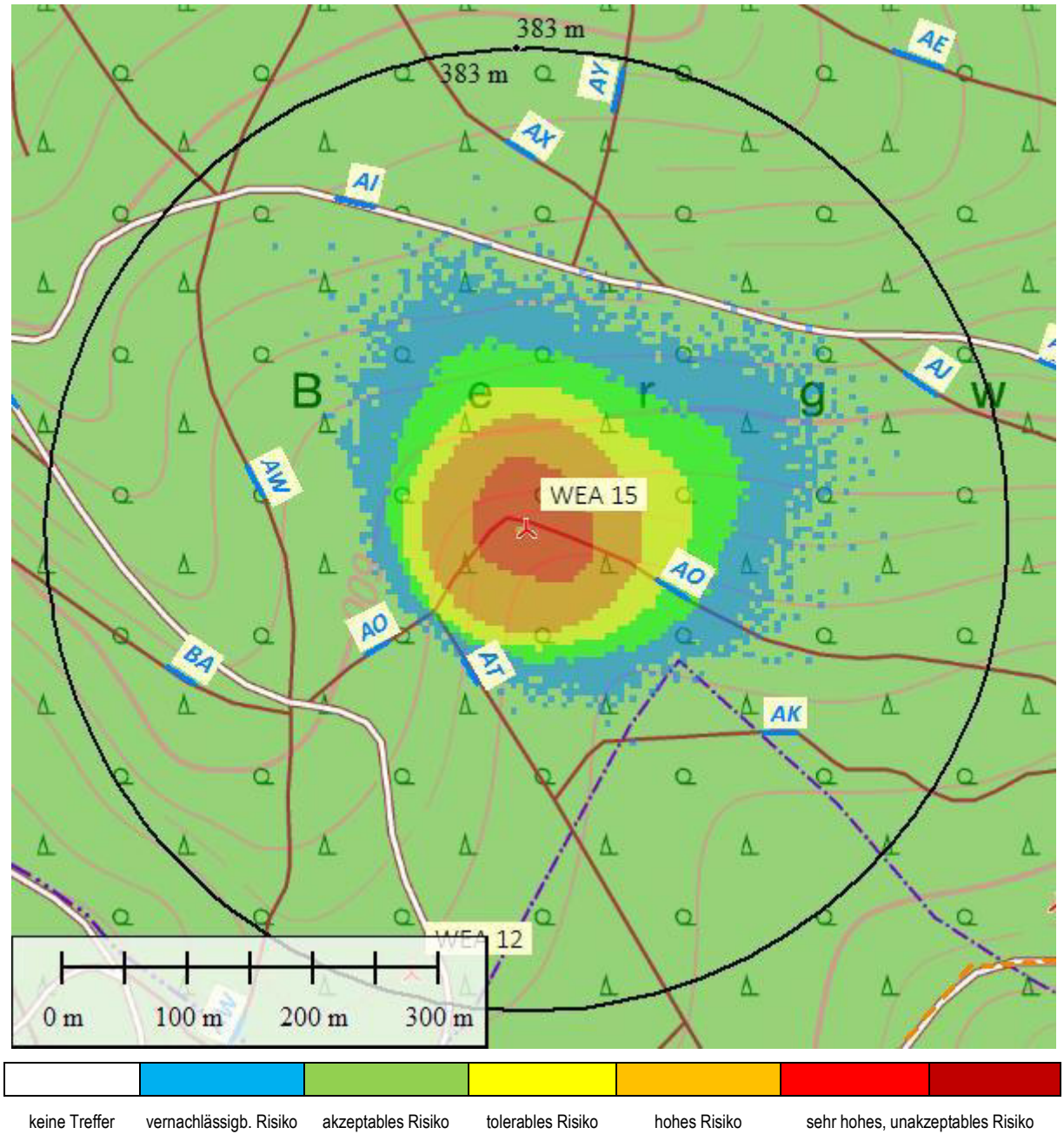
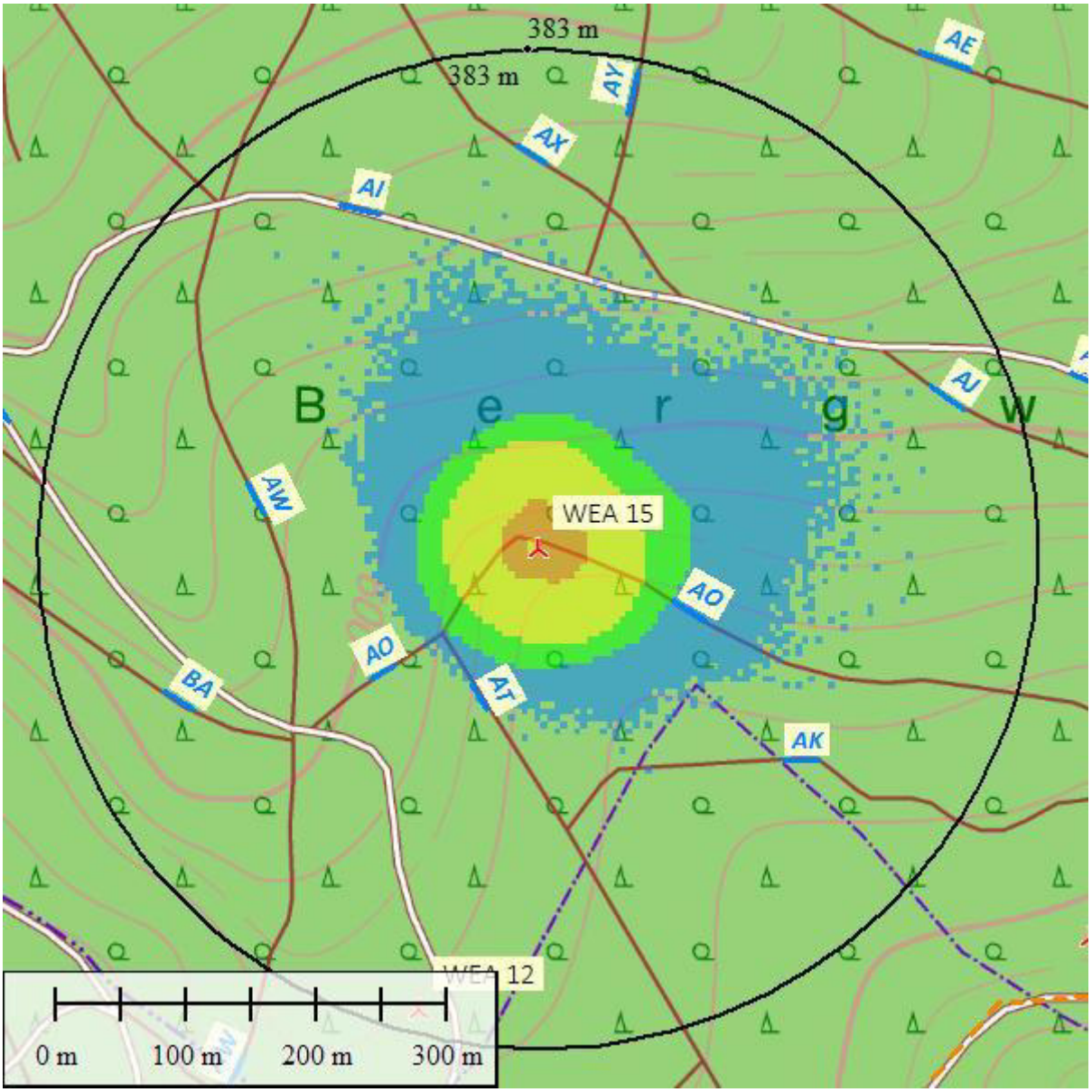



**Abbildung 4-33: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 15 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für regelmäßig benutzte Wege.**

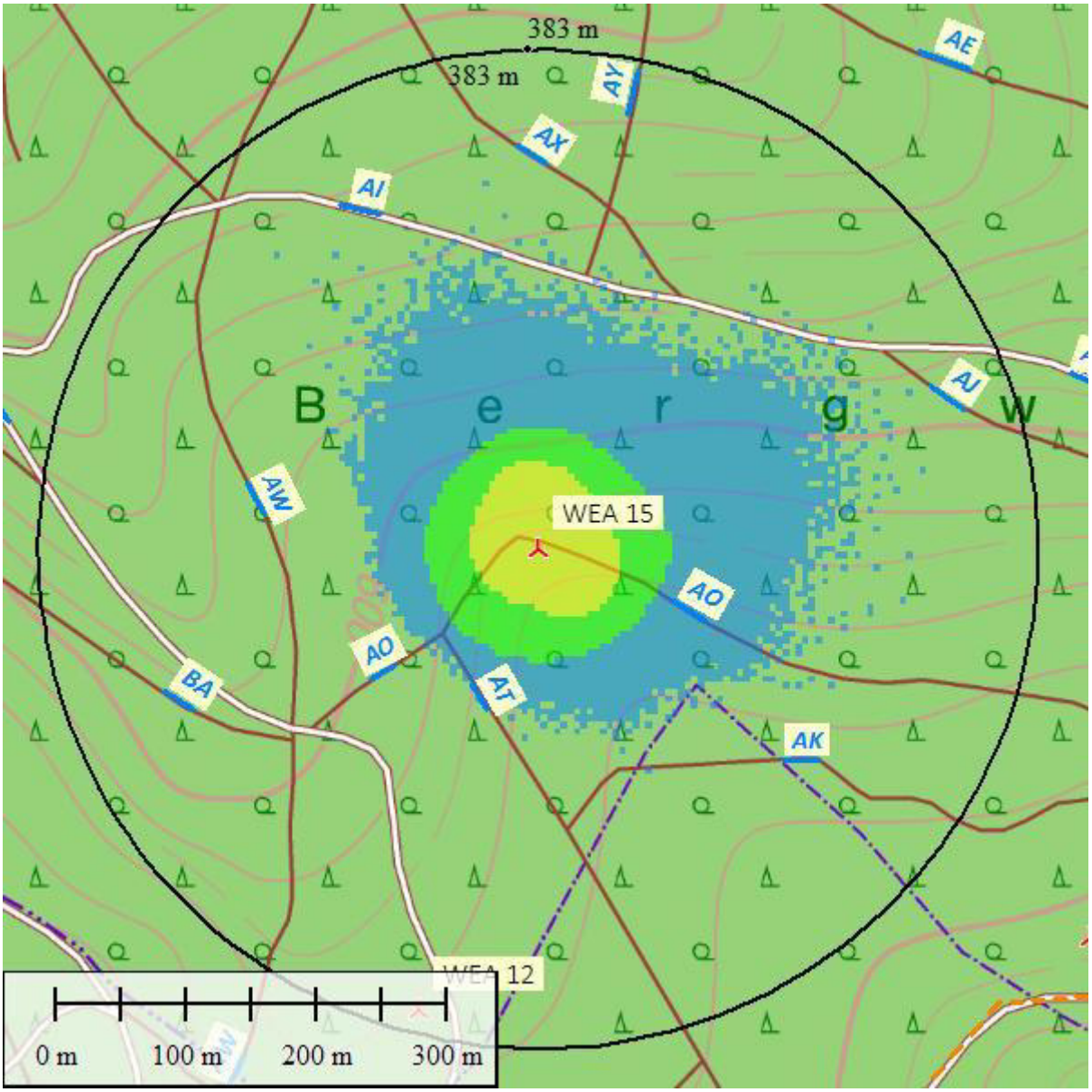
Industrie Service



keine Treffer | vernachlässigb. Risiko | akzeptables Risiko | tolerables Risiko | hohes Risiko | sehr hohes, unakzeptables Risiko

**Abbildung 4-34: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 15 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für häufig benutzte Wege.**

Industrie Service



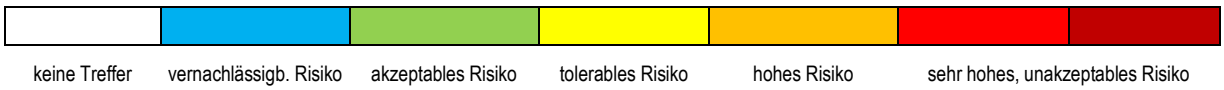




**Abbildung 4-35: Übersicht zur Lage der Untersuchungsobjekte an der WEA 15 inklusive des Umkreises von 383 m um die WEA herum und des Risikoprofils für das individuelle Risiko für gelegentlich benutzte Wege.**

Für die Untersuchungsobjekte (*AJ*, *AK* und *AW*), bei denen sich kein Treffer bzw. lediglich Einzeltreffer im Rahmen der Eisfallsimulation ergeben haben, kann von einem vernachlässigbaren Risiko ausgegangen werden. Hier wird dementsprechend kein numerischer Risikowert ausgewiesen.

Industrie Service

In der folgenden Tabelle 18 sind die Ergebnisse der Risikoanalyse für die WEA 15 zusammengefasst.

| Objekt | Risiko (1/a) ohne weitere Maßnahmen | Empfohlene Maßnahme | Risikoeinschätzung (1/a) nach Umsetzung der Maßnahmen |
|---|---|---|---|
| AI | 3.06E-11 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AJ | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| AK | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| AO | 4.91E-07 (tolerabel) | keine | tolerabel |
| AT | 2.98E-08 (akzeptabel) | keine | akzeptabel |
| AV | 2.55E-12 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AW | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| AX | 1.38E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AY | 7.29E-12 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |

**Tabelle 18: Risiken ausgehend von der WEA 15.**

Für die Wege *AI* bis *AY* liegen die Risiken im tolerablen, akzeptablen oder vernachlässigbaren Bereich. Weitere Maßnahmen zur Risikoreduzierung sind hier nicht notwendig.

Industrie Service

# 5 Zusammenfassung und Vorschlag von Gegenmaßnahmen

In Kapitel 4 wurde die Risikoanalyse für den Standort Straubenhardt durchgeführt. Dabei wurde das individuelle Risiko für Fußgänger auf den Wegen *B* bis *AQ* sowie *AR* bis *BE* sowie das kollektive Risiko für Autofahrer auf den Straßen *A* und *AR* ermittelt. Diese untersuchten Fälle sind konservative Grenzfälle, die z.B. auch Fahrradfahrer, Forstverkehr und Jagdwirtschaft mit abdecken.

Als Eingangsdaten sind die in der Eisfallanalyse [1] generierten Trefferhäufigkeiten in die Analyse eingeflossen.

Die hier durchgeführte Risikoanalyse beruht auf der Annahme, dass die Rotorachse sich mit der Windrichtung verändert, d. h. dass die Rotorblätter je nach Windrichtung in verschiedene Himmelsrichtungen zeigen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Risikoanalyse werden in folgender Tabelle 19 unter Berücksichtigung ggf. erforderlicher/empfohlener Sicherheitsmaßnahmen zusammengefasst.

Für den Wege *AA* (WEA 1/2), *AE* (WEA 1), *C* (WEA 3), *F* (WEA 3), *W* (WEA 5), *S* (WEA 6), *T* (WEA 6), *AS* (WEA 10), *AN* (WEA 11), *AV* (WEA 12) und *BA* (WEA 14) haben sich Risiken im hohen Bereich ergeben. Daher müssen hier Maßnahmen zur Risikoreduzierung ergriffen werden. Durch die Installation von eindeutigen Warnschildern, die vor den Gefährdungen durch Eisfall warnen und von der Nutzung der entsprechenden Weg zu Eisfallbedingungen abraten, kann das Risiko in den tolerablen Bereich reduziert werden. Weitere Maßnahmen zur Risikoreduktion sind dann nicht erforderlich.

Für alle anderen Wege hat sich ein Risiko im tolerablen, akzeptablen oder vernachlässigbaren Bereich ergeben. Hier sind keine Maßnahme zu ergreifen.

Für die Untersuchungsobjekte *A* (Kreisstraße K4551) und *AR* (Landesstraße L339) haben sich Risiken im vernachlässigbaren Bereich ergeben. Gleiches gilt für die Untersuchungsobjekte *BF* (Hochbehälter Wasserversorgung) und *BG* (Hütte zur forstbetrieblichen Lagerung). Hier sind keine Maßnahme zu ergreifen.

Zusammenfassend bedeutet dies, dass bei Umsetzung der Sicherheitsmaßnahmen, wie in den obigen Abschnitten beschrieben das Eisfallrisiko durch das Windparkprojekt Straubenhardt ausreichend beherrscht wird.

Industrie Service

| Risiken ausgehend von der WEA 1 | | | |
|---|---|---|---|
| **Objekt** | **Risiko (1/a) ohne weitere Maßnahmen** | **Empfohlene Maßnahme** | **Risikoeinschätzung (1/a) nach Umsetzung der Maßnahmen** |
| AA | 1.40E-06 (hoch) | Warnschilder bzgl. der spezifischen Gefährdung durch Eisfall | tolerabel |
| AE | 1.36E-06 (hoch) | Warnschilder bzgl. der spezifischen Gefährdung durch Eisfall | tolerabel |
| AF | 1.99E-08 (akzeptabel) | keine | akzeptabel |
| AG | 2.28E-08 (akzeptabel) | keine | akzeptabel |
| AH | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| AI | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| AJ | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| AK | 3.64E-12 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| Y | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| **Risiken ausgehend von der WEA 2** | | | |
| **Objekt** | **Risiko (1/a) ohne weitere Maßnahmen** | **Empfohlene Maßnahme** | **Risikoeinschätzung (1/a) nach Umsetzung der Maßnahmen** |
| AA | 1.51E-06 (hoch) | Warnschilder bzgl. der spezifischen Gefährdung durch Eisfall | tolerabel |
| AB | 5.70E-12 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AC | 6.53E-09 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AD | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| AE | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| Y | 2.49E-08 (akzeptabel) | keine | akzeptabel |
| Z | 6.27E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |

Industrie Service

| Risiken ausgehend von der WEA 3 | | | |
|---|---|---|---|
| **Objekt** | **Risiko (1/a) ohne weitere Maßnahmen** | **Empfohlene Maßnahme** | **Risikoeinschätzung (1/a) nach Umsetzung der Maßnahmen** |
| B | 3.55E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| C | 1.63E-06 (hoch) | Warnschilder bzgl. der spezifischen Gefährdung durch Eisfall | tolerabel |
| D | 2.74E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| E | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| F | 1.30E-06 (hoch) | Warnschilder bzgl. der spezifischen Gefährdung durch Eisfall | tolerabel |
| G | 8.71E-08 (akzeptabel) | keine | akzeptabel |
| H | 2.41E-09 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| I | 6.53E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| J | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| K | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| X | 1.21E-11 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |

Industrie Service

| Risiken ausgehend von der WEA 5 | | | |
|---|---|---|---|
| **Objekt** | **Risiko (1/a) ohne weitere Maßnahmen** | **Empfohlene Maßnahme** | **Risikoeinschätzung (1/a) nach Umsetzung der Maßnahmen** |
| B | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| R | 1.52E-11 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| U | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| V | 5.91E-11 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| W | 5.34E-06 (hoch) | Warnschilder bzgl. der spezifischen Gefährdung durch Eisfall | tolerabel |
| X | 8.06E-13 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| **Risiken ausgehend von der WEA 6** | | | |
| **Objekt** | **Risiko (1/a) ohne weitere Maßnahmen** | **Empfohlene Maßnahme** | **Risikoeinschätzung (1/a) nach Umsetzung der Maßnahmen** |
| B | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| Q | 2.55E-13 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| R | 6.13E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| S | 1.28E-06 (hoch) | Warnschilder bzgl. der spezifischen Gefährdung durch Eisfall | tolerabel |
| T | 1.76E-06 (hoch) | Warnschilder bzgl. der spezifischen Gefährdung durch Eisfall | tolerabel |
| U | 1.62E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| V | 8.06E-13 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |

Industrie Service

| Risiken ausgehend von der WEA 10 | | | |
|---|---|---|---|
| **Objekt** | **Risiko (1/a) ohne weitere Maßnahmen** | **Empfohlene Maßnahme** | **Risikoeinschätzung (1/a) nach Umsetzung der Maßnahmen** |
| AL | 3.13E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AM | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| AN | 2.36E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AO | 3.87E-11 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AP | 4.14E-07 (tolerabel) | keine | tolerabel |
| AQ | 3.83E-08 (akzeptabel) | keine | akzeptabel |
| AR | 4.64E-07(vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AS | 1.29E-06 (hoch) | Warnschilder bzgl. der spezifischen Gefährdung durch Eisfall | tolerabel |
| BF | 5.13E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| BG | 6.72E-09 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| **Risiken ausgehend von der WEA 11** | | | |
| **Objekt** | **Risiko (1/a) ohne weitere Maßnahmen** | **Empfohlene Maßnahme** | **Risikoeinschätzung (1/a) nach Umsetzung der Maßnahmen** |
| AF | 3.87E-11 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AK | 4.25E-09 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AN | 1.32E-06 (hoch) | Warnschilder bzgl. der spezifischen Gefährdung durch Eisfall | tolerabel |
| AO | 2.66E-09 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AQ | 1.02E-09 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |

Industrie Service

| Risiken ausgehend von der WEA 12 | | | |
|---|---|---|---|
| **Objekt** | **Risiko (1/a) ohne weitere Maßnahmen** | **Empfohlene Maßnahme** | **Risikoeinschätzung (1/a) nach Umsetzung der Maßnahmen** |
| AK | 2.36E-11 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AN | 3.61E-12 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AO | 2.55E-13 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AT | 4.93E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AU | 2.46E-08 (akzeptabel) | keine | akzeptabel |
| AV | 4.82E-06 (hoch) | Warnschilder bzgl. der spezifischen Gefährdung durch Eisfall | tolerabel |
| AW | 4.03E-11 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| BA | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| **Risiken ausgehend von der WEA 13** | | | |
| **Objekt** | **Risiko (1/a) ohne weitere Maßnahmen** | **Empfohlene Maßnahme** | **Risikoeinschätzung (1/a) nach Umsetzung der Maßnahmen** |
| AV | 2.17E-11 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AW | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| AZ | 2.17E-12 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| BA | 3.60E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| BB | 3.64E-07 (tolerabel) | keine | tolerabel |
| BC | 7.78E-08 (akzeptabel) | keine | akzeptabel |
| BD | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| BE | 3.64E-08 (akzeptabel) | keine | akzeptabel |

Industrie Service

| Risiken ausgehend von der WEA 14 | | | |
|---|---|---|---|
| **Objekt** | **Risiko (1/a) ohne weitere Maßnahmen** | **Empfohlene Maßnahme** | **Risikoeinschätzung (1/a) nach Umsetzung der Maßnahmen** |
| AZ | 5.45E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| BA | 1.37E-06 (hoch) | Warnschilder bzgl. der spezifischen Gefährdung durch Eisfall | tolerabel |
| BH | 5.42E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| BI | 1.01E-07 (tolerabel) | keine | tolerabel |
| BJ | 3.90E-07 (tolerabel) | keine | tolerabel |
| BK | 1.95E-08 (akzeptabel) | keine | akzeptabel |
| **Risiken ausgehend von der WEA 15** | | | |
| **Objekt** | **Risiko (1/a) ohne weitere Maßnahmen** | **Empfohlene Maßnahme** | **Risikoeinschätzung (1/a) nach Umsetzung der Maßnahmen** |
| AI | 3.06E-11 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AJ | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| AK | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| AO | 4.91E-07 (tolerabel) | keine | tolerabel |
| AT | 2.98E-08 (akzeptabel) | keine | akzeptabel |
| AV | 2.55E-12 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AW | vernachlässigbar | keine | vernachlässigbar |
| AX | 1.38E-10 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |
| AY | 7.29E-12 (vernachlässigbar) | keine | vernachlässigbar |

**Tabelle 19: Zusammenfassung der Risikoanalyse.**

Industrie Service

Der vorliegende Bericht wurde nach bestem Wissen und Gewissen und nach allgemeinen Regeln der Technik angefertigt. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass das durch den Auftraggeber bzw. Dritte zur Verfügung gestellte Material (Schriften, Aufzeichnungen, Daten, Diagramme, etc.) von der TÜV SÜD IS nicht auf Richtigkeit geprüft werden konnte, daher hierfür keine Fehlerfreiheit garantiert und keine Haftung übernommen werden kann.

Die ermittelten Ergebnisse sind nur im Kontext mit dem gesamten Bericht und unter besonderer Berücksichtigung der Hinweise zu den verwendeten Ergebnissen aus [1] zu verstehen. Daher wird bei einer auszugsweisen Vervielfältigung wird keine Haftung oder Gewähr für die Ergebnisse übernommen.

Industrie Service

## 6 Literaturverzeichnis

[1] TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Unabhängige Analyse von Eisfall für den Standort Straubenhardt, MS-1309-173-BW-de, Rev.13 vom 10.09.2015

[2] TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Angebot AN-WG-1506-243-BW REV.1, Regensburg, 30.06.2015

[3] WIRCON GmbH im Namen der Wirsol Windpark Straubenhardt GmbH & Co. KG, Beauftragung Eisfall- und Risikoanalyse für WP Straubenhardt, Waghäusel, 01.07.2015

[4] Simon Schunter, WIRCON GmbH im Namen der Wirsol Windpark Straubenhardt GmbH & Co. KG, Koordinaten des Windparks Straubenhardt, E-Mail vom 14.07.2015

[5] ISO IEC Guide 51:1999: Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards

[6] ISO Guide 73:2009: Risk Management - Vocabulary

[7] Internetportal des Bureau of Transportation Statistics (BTS), http://www.bts.gov/btsprod/nts/

[8] DIN EN 50126
Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS), Spezifikation und Nachweis

[9] CENELEC-Report, Railway applications – Systematic allocation of safety integrity requirements, R009-004

[10] *HSE, ALARP-Prinzip*
http://www.hse.gov.uk/comah/circular/perm12.htm

[11] Health and Safety Executive (HSE), The Tolerability of Risk from Nuclear Power Stations, 1992 (Revised Edition), London: HMSO

[12] *„Risikomanagement im Rahmen der Störfallverordnung“,* Bericht der Störfallkommission beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, SFK-GS-41, 21.04.2004

[13] René Cattin, Alpine Test Site Gütsch – Handbuch und Fachtagung (Schlussbericht), Bern, 31.12.2008

[14] *Das Windenergiepotenzial Vorarlbergs – Endbericht*, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien 11/2003

[15] Methods for determining the Potential Damage, CPR16E, CIP-data of royal library

[16] Landesamt für Geoinformation und Landesentwicklung Baden-Württemberg, TOP10 Ortsplan 1:10‘000 Baden-Württemberg, Version 1, 2008

[17] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG)

[18] Richtlinie für Windenergieanlagen; Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung, DIBT, 2004

Industrie Service

[19] Excel-Programm Flugbahn 1P0 zur numerischen Berechnung der Flugbahn von Körpern aus ihrer Anfangsbewegung unter Berücksichtigung der Schwerkraft und des Luftwiderstands – Arbeitsbericht, TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Dr. Christoph Reichel, 2007

[20] Dubbel, Taschenbuch für den Maschinenbau, 18. Auflage

[21] Floyd D. J., Ball P. J., Societal Risks, Hongkong 1993

[22] Bekanntmachung des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft im Einvernehmen mit dem Ministerium für Verkehr und Infrastruktur über die Liste der Technischen Baubestimmungen, Anlage 2.7/12 zur Richtlinie für Windenergieanlagen – Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung, Fassung 14.11.2014 (Az.: 45-2601.1/45)

[23] Windenergieerlass Baden-Württemberg, Gemeinsame Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, des Ministeriums für Verkehr und Infrastruktur und des Ministeriums für Finanzen und Wirtschaft, Az.: 64-4583/404, 09.05.2012

[24] Katalog der Risiken – Risiken und ihre Darstellung, Proske, Dresden, 2004

[25] Simon Schunter, WIRCON GmbH im Namen der Wirsol Windpark Straubenhardt GmbH & Co. KG, Informationen zum Wegesystem am Standort Straubenhardt, per E-Mail, 14.07.2015 und 22.07.2015

[26] Simon Schunter, WIRCON GmbH im Namen der Wirsol Windpark Straubenhardt GmbH & Co. KG, Verkehrsdaten der Kreis- und Landesstraße am Standort Straubenhardt, per E-Mail, 29.07.2015

[27] TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Cordula Englert und Daniela Pfab, Standortbesichtigung WP Straubenhardt vom 09.10.2013

[28] Susanne Alte, ALTUS Aktiengesellschaft, E-Mail mit Informationen zur Nutzung der Gebäude südlich der WEA 10 - Hochbehälter Wasserversorgung - vom 11.08.2015

[29] Dietrich Auer, Gemeinde Straubenhardt, E-Mail mit Informationen zur Nutzung der Gebäude südlich der WEA 10 - Hütte zur forstbetrieblichen Lagerung - vom 11.08.2015